

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра інженерної екології

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 502.084

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ткачук К.К.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності(спеціалізації) 101 «Екологія»

(код і назва спеціальності)

на тему: «Оцінка впливу фенолів на гідробіологічне середовище від фармацевтичної діяльності»

Виконала: студентка _____ 6 _____ курсу, групи ОЗ-71мп
(шифр групи)

Чепель Алла Євгеніївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник ст. викл., к.т.н. Гребенюк Т.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент доц., к.т.н. Козлов С. С.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повне факультету)

Кафедра інженерної екології
(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

за **освітньо-професійною** програмою

Спеціальність – 101«Екологія»

Спеціалізація – «Інженерна екологія та ресурсозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ткачук К.К.

«___»_____2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Чепель Аллі Євгеніївні

1. Тема дисертації «Оцінка впливу фенолів на гідробіологічне середовище від фармацевтичної діяльності»

науковий керівник дисертації ст. викл., к.т.н., Гребенюк Т.В.

затверджені наказом по університету від «» 2018 р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: процес забруднення навколишнього середовища фенольними стічними водами

4. Предмет дослідження : аспекти впливу фенольних стічних вод на гідробіологічне середовище

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: дослідити вплив фенольних стічних вод на навколишнє середовище та проаналізувати існуючі методи очищення стічних вод від фенолу;

провести експериментальне дослідження для встановлення сорбційних властивостей обраного матеріалу;

шляхом математичного моделювання встановити адсорбційну ємність в статичному і динамічному режимах;

розробити стартап-проект на тему: «стручки квасолі як сорбент для очищення фенольних стічних вод».

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій за темою дисертації було опубліковано 5 статей: стаття в науковому журналі In Science «Характеристика процесу очищення стічних вод фармацевтичних підприємств з використанням метод аналізу ієрархій»; стаття в науковому журналі Гуманітарний простір науки: досвід і перспективи – «Використання нових сорбційних матеріалів для очищення фармацевтичних стічних вод від фенолів»; в збірнику конференції „Science and technology of the xxi century“ на тему «The role of the activated coal in water treatment»; в «Хнауково-технічної конференції Енергетика. Екологія. Людина» на тему «Оцінка обладнання для очищення фармацевтичних стоків з використанням методу аналізу ієрархій»; та в конференції студентів магістрів на _____ тему «Оцінка впливу фенолів на гідробіологічне середовище» _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних джерел за темою магістерської дисертації		
2	Оформлення звіту огляду літератури		
3	Вивчення методів та методик дослідження		

4	Збір інформації про різновиди сорбційних матеріалів		
5	Пошук математичних моделей адсорбції		
6	Аналіз та вибір оптимальної моделі		
7	Підготовка та планування експериментальних досліджень		
8	Проведення експерименту сорбції фенолу		
9	Обробка результатів експерименту а порівняння з ізотермою адсорбції		
10	Оформлення результатів, підготовка доповіді та презентації магістерської роботи		

Студент

(підпис)

Чепель А.Є.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Гребенюк Т.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 сторінок, 26 таблиць, 18 рисунків, 40 посилань.

Мета магістерської дисертації – аналіз впливу фенолів на компоненти навколишнього середовища від фармацевтичної діяльності.

Об'єкт дослідження – процес забруднення навколишнього середовища фенольними стічними водами.

Предмет дослідження – аспекти впливу фенольних стічних вод на гідробіологічне середовище.

Завдання:

- дослідити вплив фенольних стічних вод на навколишнє середовище та проаналізувати існуючі методи очищення стічних вод від фенолу;
- провести експериментальне дослідження для встановлення сорбційних властивостей обраного матеріалу;
- шляхом математичного моделювання встановити адсорбційну ємність в статичному і динамічному режимах;
- розробити стартап-проект на тему: «стулки квасолі як сорбент для очищення фенольних стічних вод».

Наукова новизна: побудована ізотерма адсорбції фенолу на сорбенті «стулки квасолі».

Практична цінність : запропоновано використання нового сорбенту стулки квасолі для очищення стічних вод від фенолу.

За темою дисертації було опубліковано стаття в науковому журналі In Science, стаття в науковому журналі Гуманітарний простір науки: досвід і в збірнику конференції „Science and technology of the xxi century“ в збірнику «ХНауково-технічної конференції Енергетика. Екологія. Людина» та в збірнику конференції студентів магістрів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СОРБЦІЯ, ФЕНОЛ, ОЧИЩЕННЯ, СТІЧНІ ВОДИ.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 79 страниц, 26 таблиц, 18 рисунков, 40 ссылок.

Цель магистерской диссертации—анализ влияния фенолов на компоненты окружающей среды от фармацевтической деятельности.

Объект исследования— процесс загрязнения окружающей среды фенольными сточными водами.

Предмет исследования— аспекты влияния фенольных сточных вод на гидробиологическое среду

Задания:

- исследовать влияние фенольных сточных вод на окружающую среду и проанализировать существующие методы очистки сточных вод от фенола;
- провести экспериментальное исследование для установления сорбционных свойств выбранного материала;
- путем математического моделирования установить адсорбционную емкость в статическом и динамическом режимах;
- разработать стартап-проект на тему: «створки фасоли как сорбент для очистки фенольных сточных вод».

Научная новизна: построена изотерма адсорбции фенола на сорбенте «створки фасоли».

Практическая ценность: предложено использование нового сорбента створки фасоли для очистки сточных вод от фенола.

По теме диссертации было опубликовано статья в научном журнале InScience, статья в научном журнале Гуманитарный пространство науки: опыт и в сборнике конференции "Scienceandtechnologyofthexxicentury" в сборнике «X Научно-техническая конференция Энергетика. Экология. Человек »и в сборнике конференции студентов магистров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СОРБЦИЯ, ФЕНОЛ,ОЧИСТКА, СТОЧНЫЕ ВОДЫ.

ABSTRACT

Explanatory note: 83 pages, 26 tables, 18 figures, 40 references.

The purpose of the master's thesis—analysis of the influence of phenols on the components of the environment on the pharmaceutical activity.

Object of research—process of environmental pollution with phenolic waste water.

Subject of research—aspects of the influence of phenolic wastewater on the hydrobiological environment.

Task:

- investigate the effect of phenolic wastewater on the environment and analyze existing methods of purifying sewage from phenol;
- conduct an experimental study to determine the sorption properties of the selected material;
- by mathematical modeling establish adsorption capacity in static and dynamic regimes;
- develop a startup project on the topic: "bean leaflets as a sorbent for the purification of phenolic sewage".

Scientific novelty: an isotherm of adsorption of phenol on a sorbent "bean leaf" is constructed.

Practical value: the use of a new sorbent of the leaf of beans for purifying sewage from phenol is proposed.

On the topic of the dissertation was published an article in the scientific journal In Science, an article in the scientific journal Humanitarian space of science: experience and in the collection of the conference "Science and technology of the xxi century" in the collection "X Scientific and Technical Conference of Power Engineering. Ecology. Man "and in the collection of the conference of masters students.

KEYWORDS: SORPTION, PHENOL, CLEANING, STEERING WATER.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	13
1.1 Аналіз шкідливих речовин, які потрапляють в гідросферу	13
1.2 Аналіз шляхів вирішення проблеми забруднення гідросфери	16
1.3 Вплив фенолу на організм людини	19
1.2 Методи очищення стічних вод від фенолу	21
2 ТЕРЕТИЧНІ АСПЕКТИ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	26
2.1 Математична модель процесу адсорбції при очищенні стічних вод від фенолу	26
2.2 Дослідження процесів сорбції фенолу нативними та модифікованими відходами	32
3 ПОШУК РІШЕННЯ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В СТОКАХ ПІДПРИЄМСТВА	43
3.1 Екологічна характеристика ПрАТ "Технолог" та аналіз джерел забруднення навколишнього середовища	43
3.2 Аналіз лікарських засобів, похідних фенолу, що виготовляються на ПрАТ "Технолог"	46
3.3 Вивчення сорбційних характеристик "стулки квасолі" в статичному та динамічному режимах	51
3.4 Дослідження впливу фенолів на біоту	56
4 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО СТАРТАП-ПРОЕКТУ	62
4.1 Опис ідеї проекту	62
4.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї	63
4.3 Технолоічний аудит ідеї проекту	64
4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	64
4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту	69

4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	71
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПрАТ – Приватне акціонерне товариство;

ЛП – лікарські препарати;

РЛЗ – рідкі лікарські засоби;

ТЛЗ – тверді лікарські засоби;

ВДП – відділення досліджуваних препаратів;

ФП – фармацевтичні препарати;

Поз. – позиція;

AISI – American Iron and Steel Institute;

PVDF – Полівініліденфторид;

СТП – стандарт підприємства;

ОНПС – охорона навколишнього природного середовища;

AOPs – Advanced oxidation process;

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry;

ГДВ – гранично-допустимий викид;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ОБРВ – орієнтовнобезпечнийрівеньвпливу;

хв – хвилина;

ГДК_{ci} – середньодобова гранично допустима концентрація;

ВСТУП

При сучасних темпах розвитку промислового виробництва стає все більш актуальною проблема очищення поверхневих і стічних вод. Одним з високотоксичних забруднювачів, що потрапляють у водойми і водотоки зі стічними водами хімічних і нафтохімічних підприємств, є фенол ($\text{ГДК} = 0,001 \text{ мг/дм}^3$). Скидання фенолвмістних вод у водойми і водотоки різко погіршує їх загальний санітарний стан, роблячи негативний вплив на живі організми, не тільки своєю високою токсичністю, а й значною зміною режиму споживання біогенних елементів і розчинених газів (O_2 , CO_2).

Найбільш ефективним методом очищення стічних вод від фенолу, є адсорбція останнього за допомогою активованого вугілля, але недоліком є висока вартість і необхідність регенерації.

На підставі розглянутого, особливої актуальності набувають роботи, спрямовані на отримання та дослідження адсорбційних властивостей дешевих і доступних матеріалів на основі відходів природного походження, виробництв для очищення фенолвмістних стічних вод.

В даному напрямку є ряд публікацій вітчизняних і зарубіжних авторів, проте інформації з дослідження сорбційних властивостей сорбентів рослинного походження, широко поширених в Україні в літературі відсутні.

Вирішенням проблеми може стати зменшення концентрації шкідливих речовин в стічних водах за рахунок більш якісного сорбційного матеріалу.

Мета магістерської дисертації – аналіз впливу фенолів на компоненти навколишнього середовища від фармацевтичної діяльності.

Об'єкт дослідження – процес забруднення навколишнього середовища фенольними стічними водами.

Предмет дослідження – аспекти впливу фенольних стічних вод на гідробіологічне середовище.

Завдання:

- дослідити вплив фенольних стічних вод на навколишнє середовище

та проаналізувати існуючі методи очищення стічних вод від фенолу;

- провести експериментальне дослідження для встановлення сорбційних властивостей обраного матеріалу;
- шляхом математичного моделювання встановити адсорбційну ємність в статичному і динамічному режимах;
- розробити стартап-проект на тему: «стулки квасолі як сорбент для очищення фенольних стічних вод».

Наукова новизна: побудована ізотерма адсорбції фенолу на сорбенті «стулки квасолі».

Практична цінність : запропоновано використання нового сорбенту стулки квасолі для очищення стічних вод від фенолу.

1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Аналіз шкідливих речовин, які потрапляють в гідросферу

В останні роки суспільство все більше використовує в своїй діяльності інформацію про стан природного середовища. Зміни в стані навколишнього середовища відбуваються і під впливом біосферних процесів, пов'язаних з діяльністю людини. Інформація про ступінь забруднення води або її якість, визначаються через певну систему показників або через обмежену сукупність характеристик складу і властивостей води відносно основних кількісних характеристик.

Досліджено, що основними джерелами забруднення водойм є погано очищені стічні води промислових і комунальних підприємств та ін.

Забруднювачі, попадаючи у природні водойми, викликають якісні зміни води, які в основному проявляються в змінах фізичних властивостей води (поява неприємних запахів, присмаку та іншого); в змінах хімічного складу води, зокрема, поява в ній шкідливих речовин, і наявність плаваючих речовин на поверхні та відкладання їх на дні водойми.

Існує кілька видів забруднення водних об'єктів [1].

Органічне забруднення водойм (БСК). Стічні води, які містять рослинні волокна, тваринні та рослинні жири, залишки плодів і овочів, відходи шкіряної та целюлозно-паперової промисловості, цукрових заводів та пивоварень, підприємств м'ясо-молочної, консервної та кондитерської промисловості, є причиною органічного забруднення водойм. Розкладаючись у водному середовищі, органічні відходи можуть стати середовищем для патогенних організмів.

Побутові відходи небезпечні тим, що для їх розкладання потрібно багато кисню. При попаданні великої кількості побутових стоків у водойми, вміст розчиненого кисню може знизитись нижче рівня, який необхідний для життя організмів.

Побутове сміття в середньому складається з: 32 – 40% органічної речовини; 10,56% азоту; 10,44% фосфору; 0,15% цинку; 0,085 свинцю; 0,001% ртуті та 0,001% кадмію. Скидання забрудненого сміття у водні об'єкти категорично заборонено[1].

Коли сміття потрапляє у воду, частина забруднюючих речовин перетворюється у розчин, змінюючи якість води, а інша – сорбується частинками суспензії та перетворюється в донні відкладення. Разом з цим, підвищується і мутність води. Вміст органічних речовин часто зумовлює швидку витрату кисню в воді та нерідко до його повного зникнення, розчинення суспензій, накопичення металів в розчиненій формі, появу сірководню.

Забруднюючі речовини, які надходять у розчини, можуть акумулюватись в тканинах та органах гідробіонтів і здійснювати токсичний вплив на них.

Забруднення нафтою. Такий тип забруднення має різні форми. Воно може тонкою плівкою вкривати поверхню води, а при розливах товщина нафтового покриття на початку може сягати кілька сантиметрів. З часом утворюється емульсія нафти в воді або води в нафті. Тоді виникають грудочки важкої фракції нафти, нафтові агрегати, які можуть довго плавати на поверхні. До плаваючих грудочок мазуту прикріплюються різні мілкі тварини, якими харчується риба. Разом з ними проковтують нафту [2].

При змішуванні з водою, нафта утворює емульсію двох типів: пряму «нафта в воді» та зворотну «вода в нафті». Прямі емульсії, які складаються з краплинок нафти діаметром до 10,5 мкм, менш стійкі та характерні для нафти, яка містить в собі поверхнево-активні речовини. При видаленні летких фракцій, нафта утворює в'язкі зворотні емульсії, які можуть зберігатись на поверхні, переноситись течіями, викидатись на берег і оселятись на дно [1].

Всі компоненти нафти – є токсичними для водних організмів. Нафта чинить безпосередній вплив на структуру спільноти морських істот. При нафтовому забрудненні змінюється співвідношення видів і зменшується їх різновид.

Нафта має ще одну неприємну побічну дію. Її вуглеводні здатні розчиняти в собі ряд інших забруднюючих речовин, таких, як пестициди, важкі метали, які разом з нафтою концентруються в поверхневому шарі та ще більше отруюють його.

Пестициди складають групу штучно створених речовин, які використовуються в боротьбі зі шкідниками та хворобами рослин. Пестициди поділяються на наступні групи:

- інсектициди для боротьби зі шкідливими комахами;
- фунгіциди та бактерициди для боротьби з бактеріальними хворобами рослин;
- гербіциди проти бур'янів.

Пестициди, знищуючи шкідників, завдають шкоди багатьом корисним організмам і негативно впливають на здоров'я біоценозів.

Промислове виробництво пестицидів супроводжується появою великої кількості побічних продуктів, які забруднюють стічні води. У водному середовищі найчастіше зустрічаються представники інсектицидів, фунгіцидів і гербіцидів.

Синтетичні поверхнево-активні речовини. Детергенти (СПАР) відносяться до великої групи речовин, які знижують поверхневий натяг води. Вони входять до складу синтетичних миючих засобів (СМС), які широко використовують в побуті та промисловості. Разом зі стічними водами СПАР потрапляють до материкових вод та морського середовища. СМС містять поліфосфати натрію, в яких розчинені детергенти, а також низку додаткових інгредієнтів, токсичних для водних організмів: ароматизуючі речовини, відбілюючі реагенти (персульфати, перборати), кальциновану соду, карбоксиметилцелюлозу, силікати натрію [3].

В залежності від природи та структури гідрофільної частини молекули, СПАР поділяються на аніонактивні, катіонактивні, амфотерні та неіоногенні. Останні не утворюють іонів у воді.

Важкі метали. Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, цинк, миш'як, мідь,

та інші) відносяться до ряду розповсюджених і досить токсичних забруднюючих речовин. Вони широко застосовуються в різних промислових виробництвах, тому, не дивлячись на очисні заходи вміст з'єднань тяжких металів в промислових стічних водах досить високий. Велика кількість цих з'єднань потрапляє в водні об'єкти через атмосферу. Для водних біоценозів найбільш небезпечні ртуть, свинець та кадмій [2].

Ртуть, кадмій, свинець, мідь, цинк, хром, миш'як та інші важкі метали накопичуються в водних організмах, отруюючи тим самим продукти харчування і воду.

1.2 Аналіз шляхів вирішення проблеми забруднення гідросфери

Захист гідросфери включає як очищення стічних вод, так і вдосконалення технології виробництва, що дозволяє зменшити або повністю виключити надходження забруднюючих речовин у водні об'єкти. Відповідно до чинного законодавства усі стічні води повинні перед скиданням у водойму піддаватися очищенню від токсичних домішок. Для виконання цих вимог у залежності від складу стічних вод застосовуються різні методи і способи.

Різноманітність стічних вод поділяють на такі види:

- технологічні, що виникають в технологічних процесах попередньої мийки, проміжного або фінішного промивання, при використанні води в якості технологічного розчинника або носія;
- господарсько-побутові (комунальні), які утворюються в житлово-побутовому секторі, в сфері громадського харчування і санітарно-гігієнічного обслуговування на підприємствах;
- поверхневі, що формуються за рахунок дощових і талих снігових вод, при мокрому прибиранні територій з штучними покриттями (асфальтованими, бетонними) [3].

Виділяють різні способи очищення стічних вод:

- механічний;

- фізико-хімічний;
- хімічний;
- біологічний.

В залежності від ступеня шкідливості і характеру забруднень очищення стоків може забезпечуватись будь-яким одним способом або комплексом методів. В процесі очищення передбачають оброблення осаду та знезараження стічних вод перед скиданням їх у водойму.

У випадку механічного очищення із виробничих стічних вод шляхом проціджування, відстоювання і фільтрування видаляється до 90% нерозчинних механічних домішок різного ступеня дисперсності (пісок, глинисті частинки, окалина та ін.), А з побутових стічних вод - до 60%. Для цих цілей застосовують решітки, пісковловлювачі, піщані фільтри, відстійники різних типів [4].

Речовини, плаваючі на поверхні стічних вод (нафта, смоли, масла, жири, полімери та ін.), затримують нафто- і масло- та іншого виду уловлювачами або випалюють.

Хімічні і фізико-хімічні методи очищення найефективніші для очищення виробничих стічних вод.

До основних хімічних способів відносять нейтралізацію і окислення. У першому випадку для нейтралізації кислот і лугів в стічні води вводять спеціальні реагенти (вапно, кальциновану соду, аміак), у другому - різні окислювачі. З їх допомогою стічні води звільняються від токсичних та інших компонентів.

При фізико-хімічному очищенню використовуються [3]:

- коагуляція – введення в стічні води коагулянтів (солей амонію, заліза, міді, шламових відходів та ін.) для утворення пластівчастих опадів, які потім легко видаляються;
- сорбція – здатність деяких речовин (бентонітових глин, активованого вугілля, цеолітів, силікагелю, торфу та ін.) поглинати

забруднення. Методом сорбції можливі витяг із стічних вод цінних розчинних речовин і подальша їх утилізація;

- флотація – пропуск через стічні води повітря. Газові бульбашки захоплюють при русі вгору поверхнево-активні речовини, нафту, масла, інші забруднення і утворюють на поверхні води піноподібний шар, який легко видаляється.

Для очищення комунально-побутових стічних вод і промислових стоків целюлозно-паперових, нафтопереробних, харчових підприємств популярним є біологічний (біохімічний) метод. Цей метод заснований на здатності штучно вселених мікроорганізмів використовувати для свого розвитку органічні і деякі неорганічні сполуки, що містяться в стічних водах (сірководень, аміак, нітрити, сульфіді). Очищення ведуть за допомогою [2]:

- природних методів (полів зрошування, полів фільтрації, біологічних ставків і ін.);
- штучних методів (аеротенків, метантенків, біофільтрів, циркуляційних окислювальних каналів).

Після того, як відбулось освітлення стічних вод утворюється осад, який зброджують в залізобетонних резервуарах (метантенка), а потім видаляють на мулові майданчики для підсушування. Підсушений осад зазвичай використовується як добриво. Проте в останні роки в стічних водах стали виявлятися багато шкідливих речовин (важкі метали та ін.), що виключає такий спосіб утилізації осадів.

Освітлена частина стічних вод очищається в аеротенках – спеціальних закритих резервуарах, за якими повільно пропускають стоки, збагачені киснем і змішані з активним мулом. Активний мул являє собою сукупність гетеротрофних мікроорганізмів і дрібних безхребетних тварин (цвілі, дріжджів, водних грибів, коловерток і ін.), а також твердого субстрату. Важливо правильно підбирати температуру, рН, добавки, умови перемішування, окислювач (кисень), щоб максимально сприяти інтенсифікації гідробіоценозу, що становить активний мул [3].

Після вторинного відстоювання стічні води знезаражують (дезінфікують) за допомогою сполук хлору або інших сильних окислювачів. При цьому способі (хлорування) знищуються патогенні бактерії, віруси, хвороботворні мікроорганізми. У системах очищення стічних вод біологічний (біохімічний) метод є завершальним, і після його застосування стічні води можна використовувати в оборотному (багаторазовому) водопостачанні або скидати в поверхневі водойми [4].

В останні роки активно розробляються нові ефективні методи, що сприяють екологізації процесів очищення стічних вод: електрохімічні методи, засновані на процесах анодного окислення і катодного відновлення, електрокоагуляції і електрофлотації; мембранні процеси очищення (ультрафільтри, електродіаліз і ін.)

1.3 Вплив фенолу на організм людини, джерела попадання фенолу в природні і стічні води

Фенол та його похідні є досить пріоритетним забруднювачем об'єктів навколишнього середовища, це пов'язано з їх високою токсичністю, здатністю нагромаджуватись в навколишньому середовищі і стійкістю. У забруднених природних водах вміст фенолу може досягати кілька десятків і навіть сотень мікрограмів на один кубічний дециметр, при тому, що гранично допустима концентрація фенолів у питній воді і воді рибогосподарських водойм становить 1 мкг/дм³.

У поверхневі води фенол і його похідні потрапляють в результаті скидання стічних вод нафтопереробних і нафтохімічних заводів, переробки кам'яного вугілля, виробництва гуми, еластомерів, пластиків, синтетичних волокон, клеїв, фенолформальдегідних смол, заліза, сталі, алюмінію, паперової промисловості, дезінфікуючих засобів, пестицидів, медичних препаратів та засобів для здоров'я (включаючи масла, засоби для полоскання рота, краплі для очей, вушні краплі), фармацевтичної промисловості, у виробництві танінів,

барвників, а також будівельних матеріалів [5].

Похідні фенолу також здатні утворюватися в природних умовах в процесах метаболізму водних організмів, при біохімічному розпаді і трансформації органічних речовин, що протікають, як у водній товщі, так і в донних відкладеннях.

Процеси самоочищення водою від фенолу протікають повільно і можливі тільки при концентрації фенолу менше 75 мг/дм^3 [6].

Фенол відноситься до II класу небезпеки та його похідні легко проникають в організм людини через шкіру і шлунково-кишковий тракт, а пари - через легені. В організмі фенол легко утворює сполуки з іншими речовинами. Чим вище концентрація фенолу в крові, тим сильніше його несприятливий вплив на здоров'я людини. Фенол має канцерогенну дію, тобто здатністю накопичується в організмі людини; частина незв'язаного фенолу виводиться з організму з сечею [7].

За повідомленням Управління з охорони навколишнього середовища США (ЕРА), максимальна доза фенолу, яка умовно безпечна при попаданні всередину організму людини, становить $0,6 \text{ мг/1 кг живої ваги протягом 1 доби}$. Дана доза розрахована без урахування можливого канцерогенного ефекту фенолу, який здатний проявитися через досить великого періоду часу. Слід зазначити, що зазначена величина служить виключно в якості точки відліку: вона показує, що при концентраціях фенолу вище даної, ймовірність несприятливих наслідків для здоров'я людини різко зростає. Аналогічним чином ЕРА встановлює допустимий вміст фенолу в повітрі - воно становить $0,006 \text{ мг/м}^3$ [8].

В разі гострого отруєння фенолом спостерігаються опіки слизових тканин, сильний біль в області рота, в горлі, животі, нудота, блювота, пронос, різка блідість, слабкість, набряк легенів, можливі гострі алергічні прояви, знижується артеріальний тиск, розвивається серцево-легенева недостатність, можливі судоми, сеча стає бурою, яка швидко темніє на повітрі.

При хронічному отруєнні фенолом спостерігається анорексія –

прогресуюча втрата ваги, викликає діарею, запаморочення, труднощі при ковтанні, рясне відділення слини, болі в м'язах, слабкість. Хронічне отруєння фенолом викликає ураження центральної нервової системи, нервові розлади, супроводжувані головними болями, втратою свідомості і паралічу, а також ураження нирок, печінки, органів дихання і серцево-судинної системи.

Фенол, потрапляючи у водойми, також різко погіршує їх загальний санітарний стан, роблячи негативний вплив на живі організми, не тільки своєю високою токсичністю, а й значною зміною режиму споживання біогенних елементів і розчинених газів (O_2 , CO_2) [9].

У зв'язку з цим, питання очищення природних і стічних вод від фенолу залишається актуальним і по теперішній час.

1.4 Методи очищення стічних вод від фенолу

Перед скиданням у водні об'єкти, повинні очищатися до нормативних вимог. Очищення стічних вод від похідних фенолу здійснюється біологічними, хімічними і фізико-хімічними методами. Розглянемо перераховані методи докладніше.

Біохімічні методи засновані на здатності мікроорганізмів окисляти феноли. Кінцевими продуктами біохімічного розкладання домішок, що містяться в стічних водах, є з'єднання вищого ступеня окислення - діоксид вуглецю і вода.

Перевагою біологічних методів є висока ступінь очищення стічних вод в результаті розкладання фенолів.

Недоліками методу є: висока вартість і велика тривалість процесу, великі розміри іригаційних басейнів, нерівномірність протікання очищення, висока чутливість процесу, як до складу подається на очистку стічної води, так і до зовнішніх погодних умов. Необхідною умовою життєдіяльності мікроорганізмів і, отже, ефективності очищення стічних вод є відносні низькі концентрації фенолу, так як при високих концентраціях фенолу мікроорганізми

гинуть.

Хімічні методи очищення використовуються ефективніше при видаленні фенолів з відносно великою концентрацією, при стабільному вмісті в стічних водах. Через неможливість стабілізувати кількість фенолів в стічних водах, що направляються на очищення, витрата введених реагентів не буде відповідати розрахунковим значенням, що призведе до збільшення вмісту реагентів в відведених з установки стічних водах і їх перевитрата у вигляді втрат. Серед них виділяють: озонування і окислення активним хлором [9].

Метод озонування заснований на хімічному окисленні фенолу озоном (O_3) до різних продуктів, представлених на рисунку 1.1 [9].

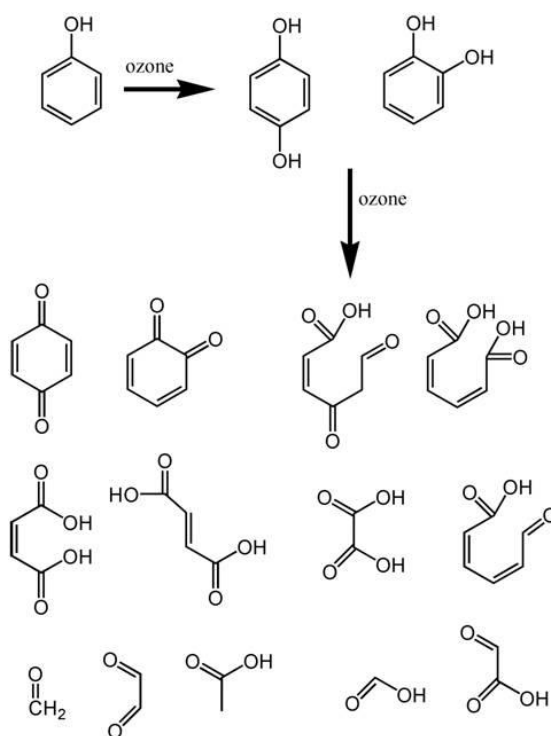


Рисунок 1.1 – Продукти окислення фенолу при озонуванні

Перевагою даного методу є висока ступінь очищення, а недоліками - застосування дорогого реагенту озону і високий рН середовища.

При окисленні активним хлором фенолвмісних стічних вод утворюються різні хлорпохідні фенолу (рис. 1.2), які, при подальшому окисленні, переходять в карбонові кислоти (малеїнову, мурашину) [9].

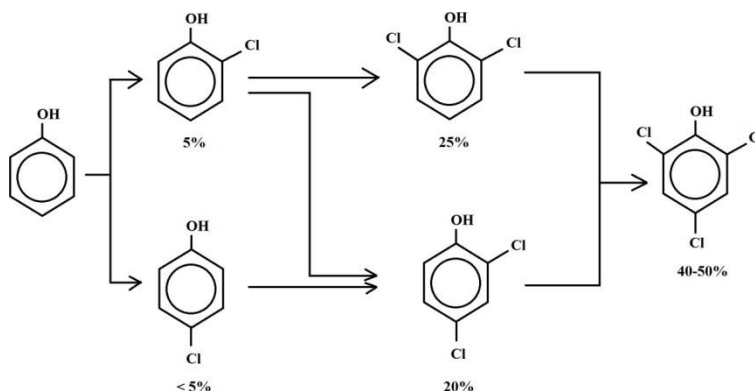


Рисунок 1.2 – Продукти окислення фенолу активним хлором

Недоліки методу: невисока ступінь знефенолювання (залишковий вміст фенолу в стічній воді становить 5–20 мг/дм³), значна корозія апаратури, періодичність і тривалість процесу окислення, що не дозволяє досягти високої продуктивності; висока вартість реагенту і великий його витрата, можливість утворення діоксидів.

Фізико-хімічні методи очищення призначені для зміни фізичного стану забруднень з метою полегшення видалення їх із стічних вод. До них відносяться: електрохімічне окислення, паровий метод, зворотно осмотичне знесолення, екстракційні методи, адсорбційна очищення [10].

Електрохімічне окислення. Суть методу полягає в тому, що під дією електричного струму відбувається електролітичне розкладання що міститься в стічній воді NaCl з утворенням хлорноватистої кислоти, яка виділяючи атомарний кисень, окисляє феноли до нетоксичних продуктів [9].

Недолік способу - великі витрати електроенергії і електроліту, дорожня процесу.

Паровий метод вилучення фенолу з водних середовищ в літературі зустрічається рідко. Сутність парового методу полягає в тому, що зі стічної води, нагрітої до 100–102 °С, феноли виділяються великою кількістю гострого водяної пари, а потім суміш пару і фенолів пропускають через нагрітий до 102–

103 °C насичений розчин лугу, який взаємодіє з фенолами з утворенням відповідних фенолятів.

Перевагою парового методу є компактність установки, простота апаратурного оформлення, можливість автоматизації процесу; в процесі очищення вода не стикається з реагентами, при підвищеній витраті лугу наявність багатоступеневого зрошення дозволяє застосовувати паровий метод для очищення стічних вод з вмістом фенолу менше $1,5 \text{ г/дм}^3$; утворені феноляти не містять механічних домішок, в разі потреби установка може працювати з перевантаженням.

Недоліки методу: неможливо досягти повного очищення стічних вод від фенолу; частина фенолятів втрачається в дистиляційній аміачній колоні перед знефенолюванням води, втрати фенолів можуть досягати 15– 25% від їх ресурсів в воді. Наявність залишків аміаку перед знефенолюванням знижує ступінь очищення води.

Суть екстракційних методів очищення полягає в тому, що фенолвмісна вода змішується з яким-небудь рідким розчинником, в якому феноли розчиняються легше, ніж у воді, сам же розчинник у воді не розчиняється, в результаті чого після обробки рідини розпадаються на два шари, легко розділяються декантацією [11].

Перевагою екстракційних методів є висока ступінь очищення, а недоліком - складність технологічної схеми, придатність методу тільки для вилучення фенолів з досить концентрованих вод, що містять понад 2 г/дм^3 поллютантів, а також те, що більшість застосовуваних екстрагентів в тій або ступеня розчиняються в оброблюваній воді ; метод надзвичайно дорогий, так як вимагає застосування спеціальних органічних розчинників і подальший їх відгін.

В основі адсорбційних методів очищення лежить протікання процесу адсорбції. Адсорбція – це процес мимовільного зміни концентрації одного з компонентів системи на кордоні розділу фаз [8].

Речовина, на поверхні якої відбувається зміна концентрації, називається

адсорбентом. Адсорбент – речовина, концентрація якої змінюється на кордоні розділу фаз.

Розрізняють фізичну і хімічну адсорбцію. При фізичній адсорбції шар адсорбенту формується і утримується поблизу поверхні розділу фаз за рахунок фізичного поля тяжіння (ван-дер-вальсових сил), створюваного адсорбентом. Хімічна адсорбція – це процес адсорбції, що супроводжується протіканням хімічних реакцій між функціональними групами адсорбенту і молекулами адсорбату.

Ефективність сорбційної очистки залежить від: природи сорбату, природи сорбенту, розчинника, співвідношення сорбат - сорбент, часу контакту, температури, початкової концентрації сорбата в розчині (для розчинів) або тиску в системі (для газів) та інше [10].

Адсорбційні методи очищення знайшли широке застосування при очищенні стічних вод від фенолу завдяки ряду переваг у порівнянні з іншими методами очищення: високого ступеня очищення, простоті технологічної схеми, відносно низькій вартості процесу.

Висновки до розділу 1:

1. Фенол – один з найбільш токсичних поллютантів, що потрапляє у водойми зі стічними водами багатьох виробництв.
2. Серед відомих методів очищення стічних вод від фенолу найефективнішим є сорбційна очистка з використанням активованого вугілля. Сорбційний метод допомагає досягти високого ступеня очищення і застосовується у всіх діапазонах вихідних концентрацій фенолу в стічних водах. Недоліком сорбційної методу є висока вартість активованого вугілля і необхідність їх регенерації.
3. На підставі розглянутого, активно розвивається напрямок по створенню високоефективних, доступних і дешевих адсорбентів на основі відходів.

2 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Математична модель процесу адсорбції при очищенні стічних вод від фенолу

В роботі [12] описується процес адсорбції фенолу при очищенні стічних вод фармацевтичного підприємства.

В якості адсорбенту зазвичай використовують активоване вугілля. Оптимальний розмір частинок адсорбенту становить 1,5–5 мм. Якщо більш дрібні зерна, то зростає опір фільтрування рідини. Фільтруюча швидкість залежить від концентрації розчинених речовин та коливається від 2–4 до 5–6 м³/год через 1 м² поперечного перерізу колони. Вода в колоні рухається від низу до верху, заповнюючи весь її перетин. Щоб уникнути забивання адсорбенту стічна вода не повинна містити твердих суспендованих домішок.

В якості сорбенту використовувався шлам, утворений на стадії хімічного водоочищення (ХВО) на фармацевтичному підприємстві в результаті процесів коагуляції та вапнування. Висушений шлам має вологість 3%, досить однорідний по гранулометричному складу, має високу пористість, що особливо важливо при використанні його сорбційних властивостей в режимі фільтрування. Низька вартість шламу ХВО, доступність дозволяють виключити його регенерацію. При цьому представляється можливим його утилізація шляхом спалювання спільно з допоміжним паливом станції.

Тому необхідна ступінь очищення досягається з мінімальними витратами, а утилізація шляхом спалювання дозволяє отримати додаткову кількість теплоти для потреб підприємства.

Шар сорбенту, засипаний в промисловий апарат, являє собою систему зі складним характером. Так як основні переваги адсорбційних установок простота апаратурного оформлення і глибина очищення, вони повинні забезпечувати виконання різних вимог хімічного апаратобудування для ефективного здійснення процесу, в зв'язку з чим широке застосування

знаходять методи математичного моделювання. Види математичних моделей визначаються конкретними умовами здійснення процесу в обраній апаратурі [13].

В роботі [14] Розглянуто процес ізотермічної рівноважної адсорбції в динамічних умовах при фільтруванні стічної води через шар адсорбенту.

Метою моделювання є визначення оптимальних умов протікання процесу, управління ним на основі математичної моделі і перенесення результатів на об'єкт [15]. Повна математична модель включає опис зв'язків між основними змінними процесу в сталих режимах (статична модель) і в часі при переході від одного режиму до іншого (динамічна модель).

Вирішення даної моделі полягає у виборі відповідних рівнянь для опису робочого режиму, перевірку обмежень на вхідні і вихідні параметри, обчислення цільової функції. До варійованих вхідних параметрів відносяться гранулометричний склад шламу, висота фільтруючого шару. Неваріюючими вхідними параметрами процесу є адсорбційна ємність шламу, якість вихідної води, задана продуктивність і ступінь очищення.

Оскільки регенерація в даному технологічному процесі не передбачена, то рішення математичної моделі полягає в підборі відповідних рівнянь для опису робочого режиму. Відповідно тривалість повного фільтр циклу в адсорбері буде збігатися з часом адсорбції τ [16].

$$\tau = \frac{G(y_2 - y_1)}{\omega_0 S \rho_{c.b.} (C_1 - C_2)}, \quad (1)$$

де ω_0 - фіктивна швидкість стічної води, м/с;

S - площа перетину адсорбера, м²;

$\rho_{c.b.}$ - щільність стічної води, кг/м³;

C_1 і C_2 - концентрації поглинених фенолів в стічній воді, мг/дм³;

G - маса шламу в фільтруючому шарі, г.

За експериментальними даними можна отримати значення кількості G

адсорбованих за час τ домішки G (τ) або швидкість адсорбції $dG/d\tau$, розраховане за рівнянням (1).

Опис динаміки адсорбції проводиться зазвичай з урахуванням лише одного або двох кінетичних параметрів: ефективної поздовжньої дифузії, масопереносу з потоку рідини до гранул адсорбенту, дифузії всередині гранул адсорбенту. Розрахунок математичної моделі з урахуванням всіх зазначених кінетичних процесів є складним завданням.

Для забезпечення можливості подальшого розрахунку за рівняннями математичної моделі сорбційної очистки в явному вигляді приймемо загальновідомі в таких випадках припущення:

1. Зміною щільності потоку стічної води внаслідок зменшення адсорбтиву можна знехтувати;
2. Рух потоку в фільтрі здійснюється в одному напрямку з постійною швидкістю.
3. Потік стічної води через фільтр будемо розглядати як псевдобінарну суміш, що складається з води і фенолів.
4. Сорбційний шар вважається суцільним пористим тілом з ізоморфними властивостями.
5. Наявність одного компонента в стічних водах призводить до зниження величини сорбції інших компонентів. Компоненти з відсотковим вмістом менше 0,1% не розглядаються.

У цьому випадку динаміка адсорбції описується рівняннями матеріального балансу адсорбованої речовини між твердою і рідкою фазами, кінетикою процесу перенесення домішки з потоку рідини всередину зерен адсорбенту і ізотерми адсорбції [16].

Припустимо, що потік фенольної стічної води рухається з лінійною швидкістю уздовж шару адсорбенту, спочатку не заповнений адсорбованою домішкою. Тоді загальний матеріальний баланс, що описує процес адсорбції, запишеться у вигляді нелінійного диференціального рівняння в окремих похідних:

$$\frac{\partial a}{\partial \tau} + w \frac{\partial c}{\partial h} + \varepsilon \frac{\partial c}{\partial \tau} - D^* \frac{\partial^2 c}{\partial h^2} = 0, \quad (2)$$

де a - величина адсорбції, г/г;

c - поточна концентрація адсорбтиву в потоці, мг/дм³;

τ - час, с;

w - швидкість руху потоку рідини, м/с;

h - висота шару адсорбенту, см;

ε – пористість сорбенту;

D^* - коефіцієнт поздовжньої дифузії, що враховує молекулярну дифузію і конвективне перемішування уздовж шару, м²/с.

Дане рівняння описує баланс адсорбованої речовини між твердою і рідкою фазами. Перший член рівняння відображає кількість забруднень, що надходять в адсорбційний фільтр, другий - затриманих забруднень, третій - кількість забруднень, що залишився в фільтраті, четвертий - поздовжню дифузію. Однак при очищенні води в адсорберах з щільним шаром гранульованого сорбенту поздовжня дифузія незначна і режим руху нафтовмісної стічної води в такому адсорбері можна з достатнім ступенем точності описати моделлю ідеального витіснення, а в межах гранули сорбенту - моделлю ідеального змішування.

Рівняння кінетики процесу адсорбції записується у вигляді [17]:

$$\frac{\partial a}{\partial \tau} = \beta_i (c - c^*), \quad (3)$$

де β_i - об'ємний коефіцієнт масопередачі, с⁻¹;

c^* - концентрація адсорбтиву на поверхні розділу фаз, рівноважна поточній величині адсорбції, мг/дм³.

Диференціальні рівняння масообміну в зернистому шарі вирішуються з урахуванням початкових і граничних умов. Розподіл концентрацій і температур

в початковий момент часу [17]:

$$\tau = 0; 0 \leq h \leq L; a = 0; T = T_0 = \text{const.}$$

Граничні умови при $h = 0$ записуються у вигляді:

$$\tau > 0; c = c_0 = \text{const}; a = a(\tau); T = \text{const.}$$

Таким чином, протягом всього процесу в шар надходить потік рідини при постійній концентрації адсорбтиву і температурі.

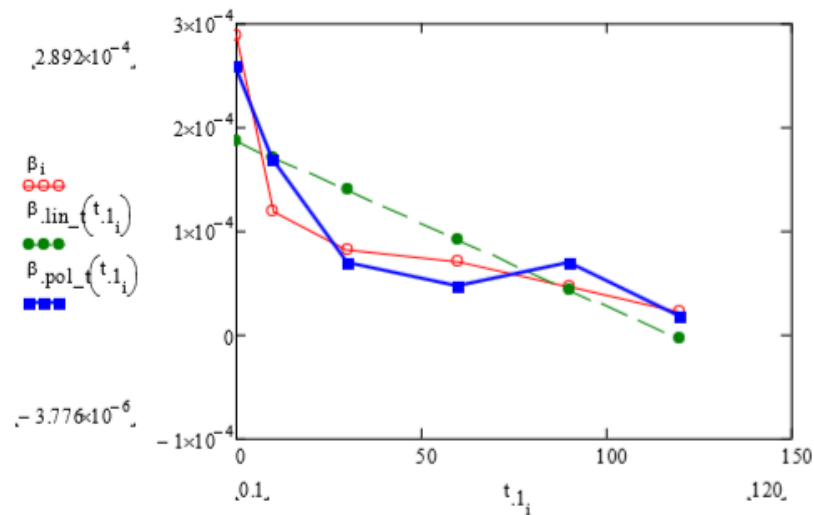
Ізотерма адсорбції є основною характеристикою адсорбенту. Рівняння ізотерми адсорбції записується у вигляді [18]:

$$a = f(c). \quad (4)$$

По висоті працюючих шарів, можна розрахувати коефіцієнт масопередачі для кожного моменту часу за наступним рівнянням:

$$\beta_i = \frac{a_{i+1} - a_i}{c_{i+1} - c_i} \frac{10^{-3}}{\tau_i}, \quad (5)$$

На коефіцієнт масопередачі впливають природа сорбату і сорбенту, пористість сорбенту; він монотонно зменшується при збільшенні величини адсорбції і розміру гранул сорбенту. Чим нижче концентрація домішок у воді, тим імовірніше потрапляння в очищену воду тільки важко сорбованих компонентів (рис. 2.1) [17].



β_i – експериментальна крива;

β_{lin_t} – лінійна апроксимація;

β_{pol_t} – апроксимація поліномом 3-го порядку

Рисунок 2.1 – Коефіцієнт масопередачі:

З рисунка 2.1 видно, що найменше розбіжність між експериментальними і розрахунковими точками дані досягаються при апроксимації поліномом 3-го порядку.

Таким чином, визначений за рівняння (5) коефіцієнт масопередачі β_i буде величиною змінною, миттєві значення якої різні в різні моменти часу. Характер кривої відповідає літературним даними по вивченню зміни коефіцієнта масопередачі при адсорбції. Коефіцієнт масопередачі можна також інтерпретувати як функцію відгуку гідродинамічної моделі на відповідне обурення.

Рішенням системи диференціальних рівнянь (2) – (4) є знаходження цільової функції. При розрахунку матеріального балансу процесу адсорбції в кожному диференціальному елементі шару (вузлі сітки) сорбенту – активованого вугілля з урахуванням кінетики поглинання фенолів зі стічних вод утворюється поверхня, що відображає зміну концентрації, як в шарі, так і в часі.

Описаний в роботі [12] в процесі виконання експериментів з кінетики адсорбції інформаційний базис дозволяє моделювати динаміку адсорбції в

нерухомому шарі сорбенту – активованому вугіллі на основі рівнянь матеріального балансу в окремих похідних і подальшої апроксимації з використанням вбудованих функцій різних обчислювальних програм.

2.2 Дослідження процесів сорбції фенолу нативними та модифікованими відходами

В роботі [19] досліджувалася можливість сорбційного видалення фенолу з модельних водних середовищ з використанням нативних і модифікованих відходів валяльно-повстяного виробництва (кнопа і чаду). Останній являє собою відхід валяльно-повстяного виробництва, який утворюється при очищенні вовни, засміченою рослинними залишками, кноп - відхід валяльно-повстяного виробництва, що утворюється на стадії шероховки валяльно-повстяних виробів. Чад має в складі реп'яхові залишки і волокна шерсті більшої довжини, ніж волокна кнопа. Вміст вовни в угарі становить 54%, целюлозних рослинних залишків – 46%.

У режимі одноступеневої статичної адсорбції на модельних системах водних розчинах фенолу при дозуванні сорбційного матеріалу $0 - 1000 \text{ мг/дм}^3$ і температурі 25°C вивчалася кінетика сорбції фенолу відходами валяльно-повстяного виробництва (кнопом і чадом), а також їх модифікатами. Хімічну модифікацію названих сорбційних матеріалів здійснювали за допомогою 5% - них розчинів сірчаної, соляної та азотної кислот протягом 24 годин [18].

Перемішування розчину сорбату з досліджуваним сорбційним матеріалом здійснювалося в плоскодонних посудинах за допомогою магнітної мішалки протягом 5 годин.

На основі отриманих експериментальних даних, розрахована сорбційна ємність матеріалів (A) за формулою [19]:

$$A = (C_s - C_e) \cdot \frac{V}{m}, \quad (6)$$

де A – сорбційна ємність по фенолу (ммоль/г),

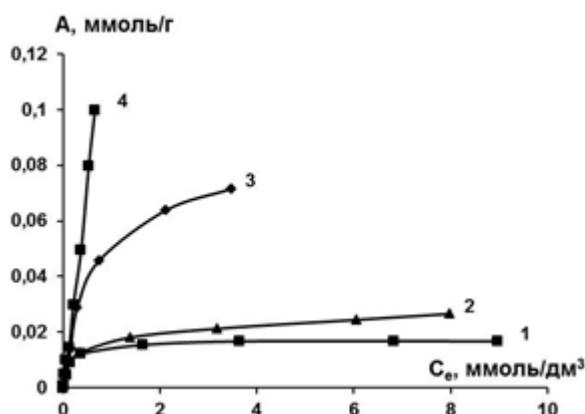
C_s – початкова концентрація фенолу (ммоль/дм³),

C_e – концентрація фенолу після сорбції (ммоль/дм³),

V – об'єм розчину (дм³),

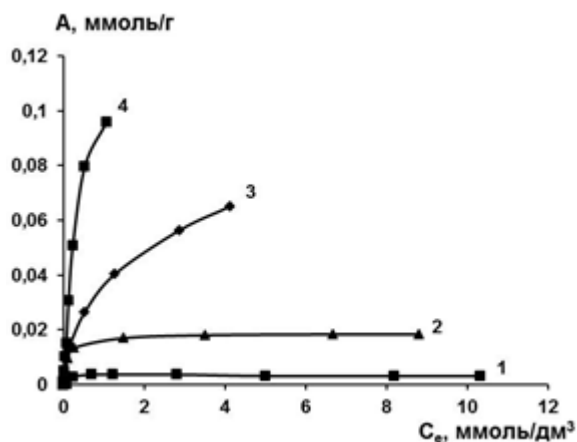
m – маса сорбційної матеріалу (г).

Ізотерми сорбції фенолу на нативних і модифікованих відходах валяльно-повстяного виробництва представлені на рисунках 2.2 і 2.3 [19].



1 – нативнимкнопом, та кнопом модифікованим 5% розчином: 2 – сірчаної кислоти, 3 – соляної кислоти, 4 – азотної кислоти при температурі 25 °С

Рисунок 2.2 – Кінетика сорбції фенолу в режимі статичної адсорбції



1 – нативним угаром, та угаром модифікованим 5% розчином: 2 – сірчаної кислоти, 3 – соляної кислоти, 4 – азотної кислоти при температурі 25 °С

Рисунок 2.3 – Кінетика сорбції фенолу в режимі статичної адсорбції

Відповідно до рисунків 2.2 і 2.3 видно, що з ростом концентрації сорбційна ємність матеріалів збільшується, хімічна модифікація розчинами кислот також призводить до зростання сорбційної ємності матеріалів. Найкращими сорбційними властивостями володіють матеріали (кноп і чад), модифіковані 5% розчином азотної кислоти з експериментальними максимальними сорбційними ємностями по фенолу 0,0998 ммоль/дм³ (9,38 мг/дм³) і 0,0957 ммоль/дм³ (9 мг/дм³), відповідно. Ізотерми сорбції фенолу описують мономолекулярну адсорбцію фенолу нативними і модифікованими відходами валяльно-повстяного виробництва.

З метою виявлення закономірностей процесів адсорбції і математичним описом процесів, представлені вище ізотерми оброблені в рамках мономолекулярних моделей адсорбції Ленгмюра, Фрейндліха, Дубініна-Радускевіча і Тьомкіна.

Модель Ленгмюра заснована на положеннях теорії мономолекулярної адсорбції, яка була розвинена в 1915 р І. Ленгмюром. Відповідно до цієї теорії, сорбція відбувається на поверхні твердого тіла, яка складається з елементарних ділянок, кожен з яких може адсорбувати тільки одну молекулу сорбату. Адсорбція є оборотною. Кількість сорбційних центрів еквівалентна кількості сорбуючої речовини і здатна приєднувати сорбат, незалежно від того, зайняті сусідні ділянки чи ні і описується рівнянням 7 [20] :

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_{\infty}} + \frac{1}{K_L A_{\infty} C_e}, \quad (7)$$

де A – сорбційна ємність (ммоль/г),

C_e – рівноважна концентрація сорбату (ммоль/дм³),

K_L – константа сорбційної рівноваги, що характеризує інтенсивність сорбції (дм³/ммоль),

A_{∞} – гранична кількість сорбованої речовини (ємність моношару) (ммоль/г).

Модель Фрейндліха застосовують для опису сорбції на гетерогенній поверхні. Так як сорбційні центри по цій моделі мають різні величини енергії, то, в першу чергу, відбувається заповнення активних сорбційних положень з максимальною енергією і описується рівнянням 8 [21]:

$$\log A = \log K_F + n \log C_e, \quad (8)$$

де K_F – константа рівноваги рівняння Фрейндліха, що відноситься до адсорбційної ємності,

n – параметр, який вказує на інтенсивність взаємодії адсорбент - адсорбат.

Константа K_F відображає відносну сорбційну здатність, n – характеризує інтенсивність сорбційного процесу і розподілу активних центрів. Якщо $n < 1$, енергія зв'язків зростає, при $n > 1$ енергія зв'язків сорбент - сорбат зменшується в міру заповнення поверхні; в разі $n = 1$ всі сорбційні центри еквівалентні.

Модель ізотерми Дубініна - Радускевіча розроблена для опису процесів сорбції на твердих пористих адсорбентах. Ізотерма сорбції Дубініна-Радускевіча є окремим випадком рівняння для мікропористих сорбентів ($n = 2$).

Модель ізотерми Дубініна - Радускевіча описують рівнянням 9 або 10 і часто використовують з метою ідентифікації протікання фізичної або хімічної адсорбції, так як константа Дубініна-Радускевіча β використовується для визначення енергії сорбції [20]:

$$\ln A = \ln A_{\infty} - \left(\frac{RT}{E}\right)^2 \cdot \left(\ln \frac{C_s}{C_e}\right)^2, \quad (9)$$

де E – характеристична енергія сорбції,

T – абсолютна температура в Кельвінах,

R – універсальна газова постійна ($8,314 \times 10^{-3}$ кДж / (моль \times К)).

$$\ln A = \ln A_{\infty} - \beta e^2, \quad (10)$$

де B – константа, пов'язана з енергією адсорбції,

e – потенціал Поляні, що описує роботу 1 моля фенолу, що переноситься з обсягу розчину до поверхні сорбенту і визначається за формулою 11.

$$e = RT \ln\left(1 + \frac{1}{C_e}\right), \quad (11)$$

Енергія сорбції E в рівнянні (9) дуже важлива, так як по її чисельним значенням можна судити про природу сил взаємодії між сорбатом з активними центрами поверхні сорбенту, тобто відповісти на питання, чи є закріплення сорбату на поверхні фізичним процесом або воно має хімічний характер. Вважається, що при значенні енергії адсорбції менше 8 кДж/моль матиме місце фізична адсорбція; при значеннях енергії адсорбції від 8 до 16 кДж/моль – хемосорбція.

Модель Тьомкіна відноситься до випадку мономолекулярної адсорбції на неоднорідній поверхні адсорбенту при лінійної залежності $A = f(\ln C_e)$ [21].

Модель містить параметр, що враховує взаємодії між адсорбційними центрами і адсорбатом. Вона передбачає, що теплота адсорбції всіх молекул в шарі лінійно знижується в міру заповнення шару через відштовхування сорбат – сорбат і що адсорбція відбувається з рівномірним розподілом максимальної енергії зв'язування. Крім того, вона передбачає, що зниження теплоти сорбції відбувається в більшій мірі за лінійним законом, ніж за логарифмічним.

Зазвичай ізотерму Тьомкіна записують наступним чином [21]:

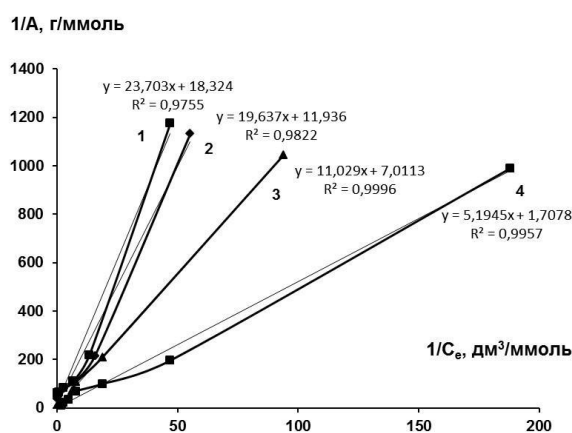
$$A = \frac{RT}{b_{TE}} \cdot \ln a_{TE} + \frac{RT}{b_{TE}} \cdot \ln C_e, \quad (12)$$

де b_{TE} – константа, що характеризує теплоту адсорбції,

a_{TE} – константа, зв'язування при рівновазі (константа сорбційної рівноваги), відповідна максимальній енергії зв'язування.

Результати обробки ізотерм сорбції, представлених на рисунках 2.2 і 2.3 в рамках чотирьох моделей сорбції, представлені на рисунках 2.4 – 2.11.

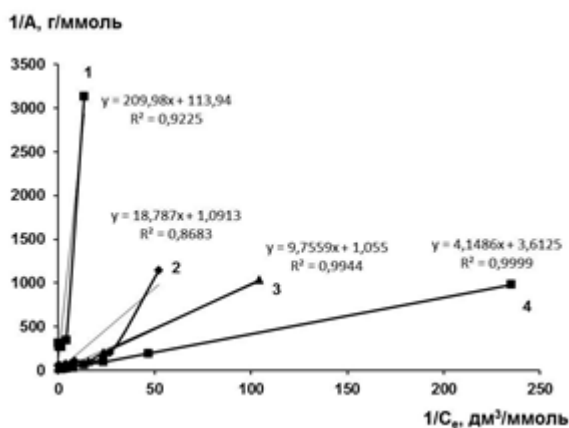
З рисунків 2.4 – 2.11 видно, що процес сорбції фенолу нативним кнопом найкраще описується моделлю Дубініна-Радускевіча ($R^2 = 0,9947$), кнопом, модифікованого сірчаною кислотою – моделлю Тьомкіна ($R^2 = 0,9958$), кнопом, модифікованого соляною кислотою – моделлю Ленгмюра ($R^2 = 0,9996$), кнопом, модифікованого азотною кислотою – моделлю Ленгмюра ($R^2 = 0,9957$).



1 - нативним кнопом, і кнопом, модифікованим 5% розчином: 2 - сірчаної кислоти, 3 - соляної кислоти, 4 - азотної кислоти при температурі 25 °C

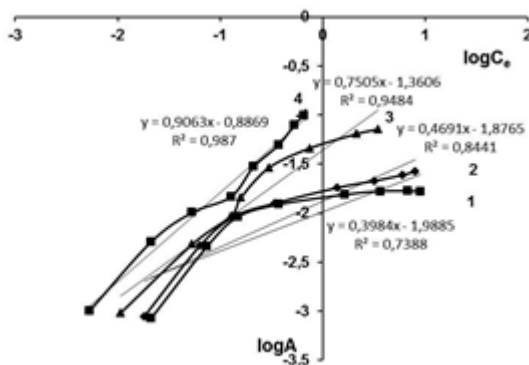
Рисунок 2.4 – Залежність $1/A = f(1/C_e)$ для процесів сорбції фенолу

Процес сорбції фенолу нативним чадом описується моделлю Дубініна-Радускевіча ($R^2 = 0,9996$), чадом, модифікованого сірчаною кислотою – моделлю Дубініна-Радускевіча ($R^2 = 0,9942$), чадом, модифікованого соляною кислотою – моделлю Ленгмюра ($R^2 = 0,9944$), чадом, модифікованого азотною кислотою – моделлю Ленгмюра ($R^2 = 0,9999$).



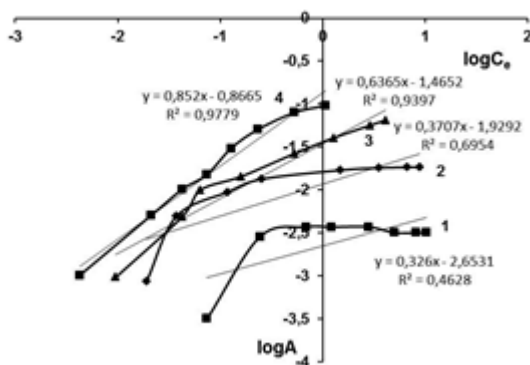
1 - нативним угаром, і угаром, модифікованим 5% розчином: 2 - сірчаної кислоти, 3 - соляної кислоти, 4 - азотної кислоти при температурі 25 °С

Рисунок 2.5 – Залежність $1/A = f(1/C_e)$ для процесів сорбції фенолу



1 - нативнимкнопом, і кнопом, модифікованим 5% розчином: 2 - сірчаної кислоти, 3 - соляної кислоти, 4 - азотної кислоти при температурі 25 °С

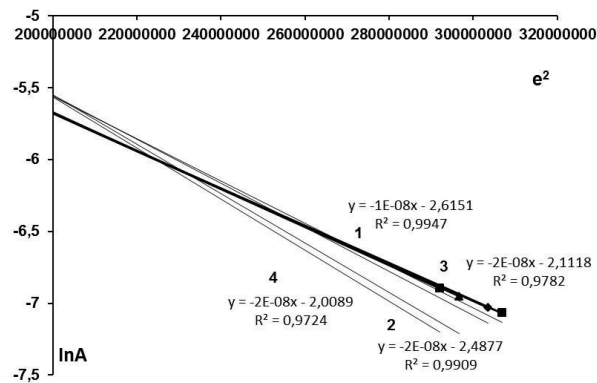
Рисунок 2.6 – Залежність $\log A = f(\log C_e)$ для процесів сорбції фенолу



1 - нативним угаром, і угаром, модифікованим 5% розчином: 2 - сірчаної

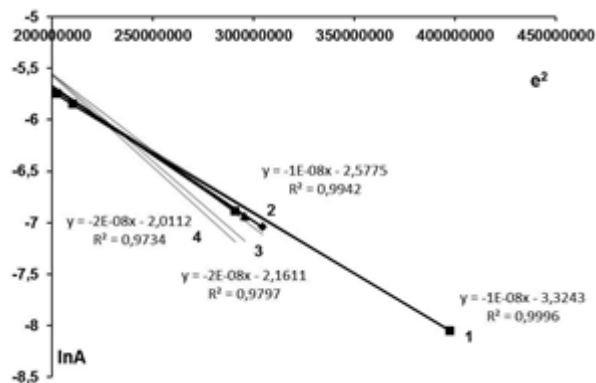
кислоти, 3 - соляної кислоти, 4 - азотної кислоти при температурі 25 °С

Рисунок 2.7 – Залежність $\log A = f(\log C_e)$ для процесів сорбції фенолу



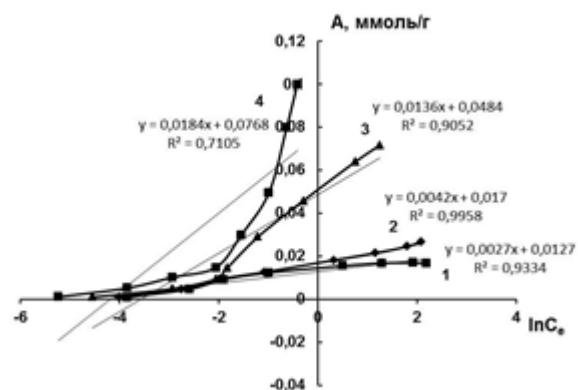
1 - нативним кнопом, і кнопом, модифікованим 5% розчином: 2 - сірчаної кислоти, 3 - соляної кислоти, 4 - азотної кислоти при температурі 25 °С

Рисунок 2.8 – Залежність $\ln A = f(e)$ для процесів сорбції фенолу



1 - нативним угаром, і угаром, модифікованим 5% розчином: 2 - сірчаної кислоти, 3 - соляної кислоти, 4 - азотної кислоти при температурі 25 °С

Рисунок 2.9 – Залежність $\ln A = f(e)$ для процесів сорбції фенолу



1 - нативнимкнопом, і кнопом, модифікованим 5% розчином: 2 - сірчаної кислоти, 3 - соляної кислоти, 4 - азотної кислоти при температурі 25 °С

Рисунок 2.10 – Залежність $A = f(\ln C_e)$ для процесів сорбції фенолу

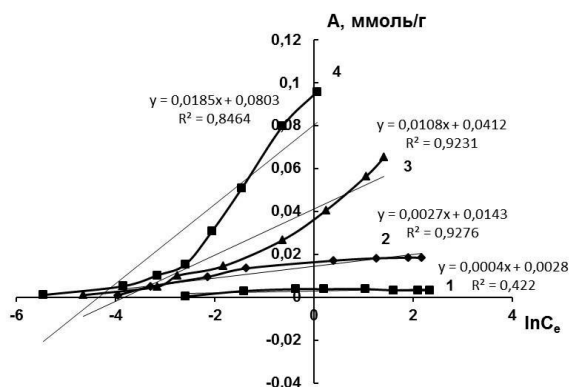


Рисунок 2.11 – Залежність $A = f(\ln C_e)$ для процесів сорбції фенолу: 1 - нативним угаром, і угаром, модифікованим 5% розчином: 2 - сірчаної кислоти, 3 - соляної кислоти, 4 - азотної кислоти при температурі 25 °С

Математичним обробленням рівнянь сорбції моделей Ленгмюра і Дубініна-Радускевіча отримані константи рівнянь, потім на основі них за рівняннями 2.8 і 2.9 визначені термодинамічні величини процесів адсорбції фенолу нативними і модифікованими відходами валяльно-повстяного виробництва і представлені в табл. 2.1 [22].

$$E = (-2\beta)^{-1/2}, \quad (13)$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_L, \quad (14)$$

Таблиця 2.1 – Значення енергій Гіббса та енергії сорбції фенолу нативними та модифікованими кнопом та угаром при температурі 25 °С

Сорбент	E , кДж/моль	ΔG , кДж/моль
Кнопнативний	7,07	-0,638
Кноп H_2SO_4	5	-1,203

Продовження табл. 2.1

Сорбент	Е, кДж/моль	ΔG , кДж/моль
Кноп HCl	5	-1,122
Кноп HNO ₃	5	-2,756
Угар нативний	7,07	-1,515
Угар H ₂ SO ₄	7,07	-7,051
Угар HCl	5	-5,511
Угар HNO ₃	5	-0,343

За даними таблиці 2.1 видно, що всі розглянуті процеси адсорбції відносяться до процесів фізичної адсорбції, так як значення енергії адсорбції менше 8 кДж/моль, а значення енергії Гіббса в діапазоні від -20 до 0 кДж/моль говорять про мимовільне протіканні фізичної адсорбції.

Висновки до розділу 2:

1. В другому розділі було наведено існуючі методи розрахунку з використанням математичного моделювання. Було розглянуто та проаналізовано математичні моделі процесу адсорбції при очищенні стічних вод від фенолу на прикладі використання активованого вугілля, кнопу та угару.

2. Описаний в роботі [19] в процесі виконання експериментів з кінетики адсорбції інформаційний базис дозволяє моделювати динаміку адсорбції в нерухомому шарі сорбенту – активованому вугіллі на основі рівнянь матеріального балансу в окремих похідних і подальшої апроксимації з використанням вбудованих функцій різних обчислювальних програм.

3. Досліджені ізотерми сорбції оброблені в рамках мономолекулярних моделей адсорбції: Ленгмюра, Фрейндліха, Дубініна-Радускевіча і Тьомкіна. Встановлено, що процес сорбції фенолу нативнимкнопом найкраще описується моделлю Дубініна-Радускевіча ($R^2 = 0,9947$), кнопом, модифікованого H₂SO₄

моделлю Тьомкіна ($R^2 = 0,9958$), кнопом, модифікованого HCl - моделлю Ленгмюра ($R^2 = 0,9996$), кнопом, модифікованого HNO₃ - моделлю Ленгмюра ($R^2 = 0,9957$), нативним чадом - моделлю Дубініна-Радускевіча ($R^2 = 0,9996$), чадом, модифікованого H₂SO₄ - моделлю Дубініна-Радускевіча ($R^2 = 0,9942$), чадом, модифікованого HCl - моделлю Ленгмюра ($R^2 = 0,9944$), чадом, модифікованого HNO₃ - моделлю Ленгмюра ($R^2 = 0,9999$). Розраховані значення енергії сорбції і енергії Гіббса для названих процесів, встановлено, що названі процеси відносяться до процесів фізичної адсорбції.

3 ПОШУК РІШЕННЯ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В СТОКАХ ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Екологічна характеристика ПрАТ «Технолог» та аналіз джерел забруднення навколишнього середовища

Приватне акціонерне товариство «Технолог» — фармацевтичне підприємство, яке виготовляє нестерильні лікарські препарати(ЛП).

Станом на вересень 2018 р. виробнича зона підприємства ПрАТ «Технолог» складається з 3 цехів:

- цех з виробництва твердих ЛП,
- цех з виробництва рідких ЛП
- цех із виробництва вітамінів, розміщених в окремих будівлях;

та допоміжної зони:

- лабораторного корпусу,
- ремонтно-механічного цеху з котельнею та компресорною,
- складів для зберігання вихідної сировини, готової продукції та матеріалів для пакування.

Виробництво ЛП оснащено сучасним високотехнологічним обладнанням, вихідна сировина та допоміжні речовини використовуються тільки від провідних світових виробників[23].

Велика увага приділяється якості продукції. Аналітична лабораторія оснащена новітнім обладнанням. Розроблено і впроваджено систему управління якістю, сертифіковану УкрСЕПРО.

Підприємство випускає ліки за 14 групами дії, такі як: Н(препарати гормонів для системного призначення); А (засоби, що впливають на травну систему і метаболізм); В (засоби, що впливають на систему крові та гемопоез); С (засоби, що впливають на серцево-судинну систему); D (дерматологічні засоби); G (засоби, що впливають на сечостатеву систему та статеві гормони); J (протимікробні засоби для системного застосування); М (засоби, що впливають

на опорно-руховий апарат); N (засоби, що діють на нервову систему); P (проти паразитарні засоби, інсектициди і репеленти); R (засоби, що діють на респіраторну систему); V (різні засоби); БАД (біологічно активні добавки); + (засоби першої допомоги при опіках). Види ліків, що виробляє підприємство за групами дії зображено на рис.3.1.

Н. 1 Препарати гормонів для системного призначення	А. 42 Засоби, що впливають на травну систему і метаболізм	В. 5 Засоби, що впливають на систему крові та гемопоез	С. 23 Засоби, що впливають на серцево-судинну систему	Д. 2 Дерматологічні засоби	Г. 11 Засоби, що впливають на сечостатеву систему та статеві гормони
Ж. 30 Протимікробні засоби для системного застосування	М. 11 Засоби, що впливають на опорно-руховий апарат	Н. 17 Засоби, що діють на нервову систему	Р. 2 Протипаразитарні засоби, інсектициди і репеленти	Р. 11 Засоби, що діють на респіраторну систему	В. 3 Різні засоби
БАД. 8 Біологічно активні добавки	+ 11 Вироби медичного призначення. Засоби першої допомоги при опіках.				

Рисунок 3.1 – Види ліків, що виробляє підприємство за групами дії

Не мале значення приділяється також дослідній роботі, розробці та виробництву нових комплексних лікарських препаратів, в тому числі, рослинного походження.

В цеху з виготовлення лікарських препаратів після проведеної реконструкції дещо змінилися обсяги, параметри і напрямки потоків стічних вод. Тому працююча в цеху №3 установка з очищення стічних вод перестала задовольняти наявні потреби або працює на межах своїх можливостей. Природно, що сумарний потік стоків істотно змінився. Параметри стічних вод, що утворюються наведені в таблиці 2.

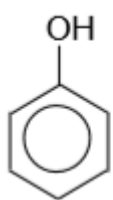
Таблиця 3.1 – Параметри стічних вод, що утворюються при виробництві лікарських препаратів

№	Дата	Темп. °C	рН	Концентрація, мг/дм ³								
				нітрати	азот амоній	хлориди	іони заліза	сульфати	зависі речовини	ПАР	нафто продукти	феноли
1	10.04.	20	7,2	1,30	1,21	19,03	1,13	25,5	220,5	2,12	0,36	7
2	20.04	21	7,3	2,45	0,29	25,50	2,08	17,8	130,9	3,73	0,59	15
3	10.05	21	7,1	0,59	0,44	6,30	3,11	18,1	170,9	1,56	0,23	12
4	20.05	22	7,2	0,82	0,31	7,47	2,14	20,3	211,5	0,43	0,78	10
5	10.06	25	7,2	0,48	0,11	16,95	2,10	18,8	225,5	3,11	1,10	8
6	20.06	24	7,5	2,67	0,23	22,55	3,38	15,6	144,0	2,52	0,72	7
7	10.07	28	7,3	4,55	0,17	4,99	2,28	19,9	175,9	1,89	1,46	11
8	20.07	27	7,2	2,81	0,33	13,12	3,11	19,3	128,6	3,11	0,58	18
9	10.08	28	7,3	3,32	0,14	22,15	3,13	13,7	295,1	2,64	0,92	21
10	20.08	27	8,1	3,44	0,20	12,98	3,39	14,8	115,3	1,99	0,43	16
11	10.09	25	7,6	0,58	0,28	22,53	2,39	12,4	218,7	3,23	1,13	12
12	20.09	23	7,2	1,10	0,33	32,48	4,15	29,1	100,1	3,28	0,73	12
13	10.10	25	7,0	0,91	0,22	18,11	4,11	15,1	290,0	1,67	0,53	14
14	20.10	23	7,2	3,33	0,16	21,33	2,27	15,9	211,9	2,25	0,72	12
Норма		<40	6,5- 9,0	<45	<20	<240	<2	<380	<300	<20	<4,5	<10

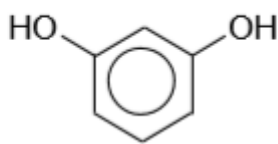
З представленої таблиці видно, що сформовані стоки відповідають необхідним нормам ГДК, однак є перевищення за двома параметрами: концентрацією іонів заліза і концентрацією фенолів. Тим часом, саме ці параметри являються дуже важливими, і від них істотно залежить безпека стоків, що скидаються. Скидання фенольних вод у водойми і водотоки різко погіршує їх загальний санітарний стан, роблячи вплив на живі організми не тільки своєю токсичністю, але і значною зміною режиму біогенних елементів і розчинених газів (кисню, вуглекислого газу). Тому, необхідно розробити технологію, яка давала б можливість зменшити зазначені параметри до необхідних величин, не збільшити при цьому параметри, що укладаються в нормативи, не давати побічних вторинних стоків, бути економічно, проаналізувати способи розрахунку.

3.2 Аналіз лікарських засобів, похідних фенолів, що виробляються на ПрАТ «Технолог»

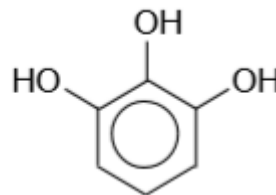
Феноли на відміну від спиртів є похідні ароматичних вуглеводнів, які містять в молекулі одну або кілька гідроксильних груп, безпосередньо пов'язаних з ароматичним ядром. За кількістю гідроксильних груп розрізняють одноатомні, 2-х атомні і 3-х атомні феноли [24].



Фенол



Резорцин



Пірогалол

Хімічні властивості фенолів обумовлені як наявністю в молекулі гідроксильної групи з рухомим атомом водню, так і ароматичними властивостями бензольного ядра. Кислі властивості у фенолів виражені більш

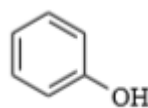
сильніше, ніж у спиртів внаслідок взаємодії електронної пари атома кисню гідроксильної групи з π -елекtrонами ароматичного ядра фенолу.

При розчиненні в їдких лугах феноли утворюють феноляти [24]:



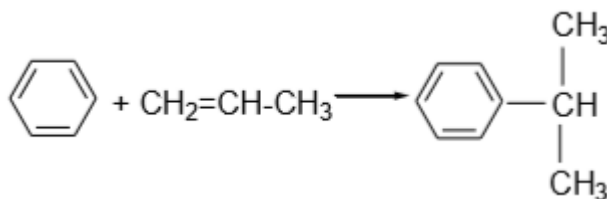
Розчини фенолятів в воді досить гідролізовані і нейтралізуються навіть вуглецю (IV) оксидом (CO_2). Тому карбонати лужних металів не утворюють феноляти. Цим феноли відрізняються від кислот. У медичній практиці застосовують: фенол, тимол, резорцин, фенолфталеїн, ксероформом, нітрофунгін, оксолін.

1. ФЕНОЛ (PHENOLUM)

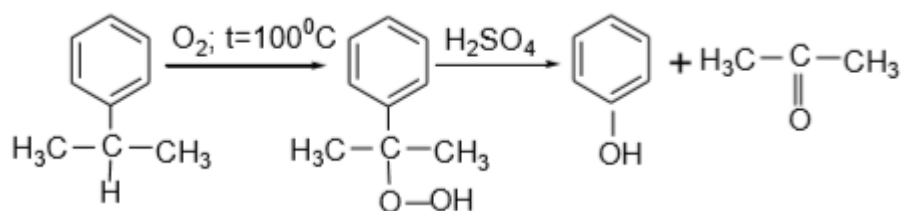


Отримання. З кам'яновугільної смоли і синтетичним способом.

Найбільше значення має промисловий спосіб отримання фенолу з бензолу шляхом алкілювання його пропіленом з утворенням ізопропілбензола[25]:



Далі ізопропілбензол піддають каталітичному окисленню киснем повітря; в результаті утворюється гідроперекісізопропілбензола, розкладається при нагріванні з кислотою сірчаною, з виділенням фенолу і ацетону:



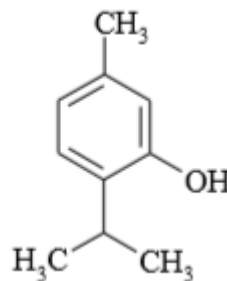
Опис. Безбарвні або блідо-рожеві, або блідо-жовті кристали або кристалічна маса, що розпливаються на повітрі.

Розчинність. Розчинний у воді, дуже легко розчинний в 96% спирті, гліцерині.

Зберігання. У повітронепроникному контейнері, в захищеному від світла місці [25].

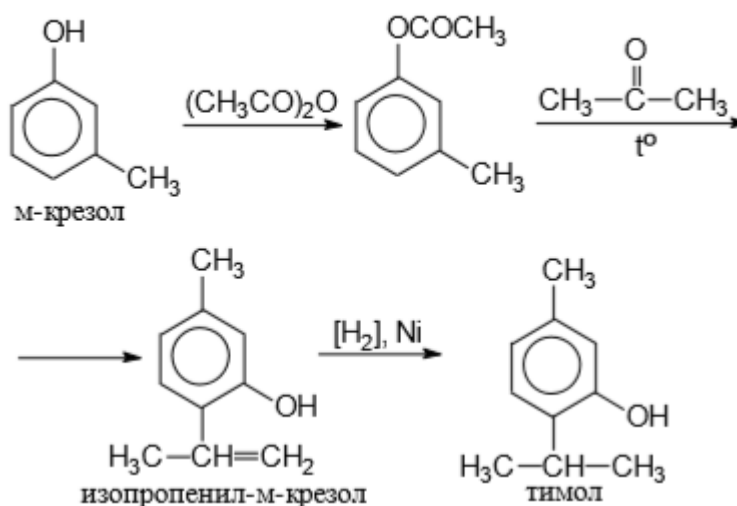
Застосування. Антисептик. Чистий фенол викликає опіки. Застосовують у вигляді 3-5% розчинів фенолу в гліцерині, 2% мазь фенолу, «Ферезол» (суміш крезолу і фенолу) - для видалення бородавок, папілом.

2. ТИМОЛ (THYMOLUM)



5-метил-2- (метилетил) фенол

Отримання. Природним джерелом тимолу є ефірне масло чебрецю. В даний час тимол отримують головним чином синтетично. Так, тимол можна отримати з *m*-крезолу ацетилюванням його і подальшою конденсацією продукту ацетилювання з ацетоном. Отриманий ізопропіл-*m*-крезол відновлюють воднем в присутності каталізатора до тимолу[25]:



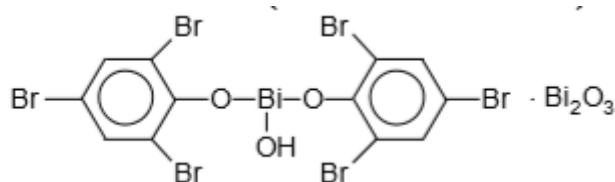
Опис. Кристалічний порошок або кристали безбарвні, або блідо рожево-сірого кольору. Червоніють під вплив світла і повітря.

Розчинність. Дуже легко розчинний у воді і 96% спирті, легко розчинний в ефірі.

Зберігання. У щільно закритому контейнері, в захищеному від світла місці.

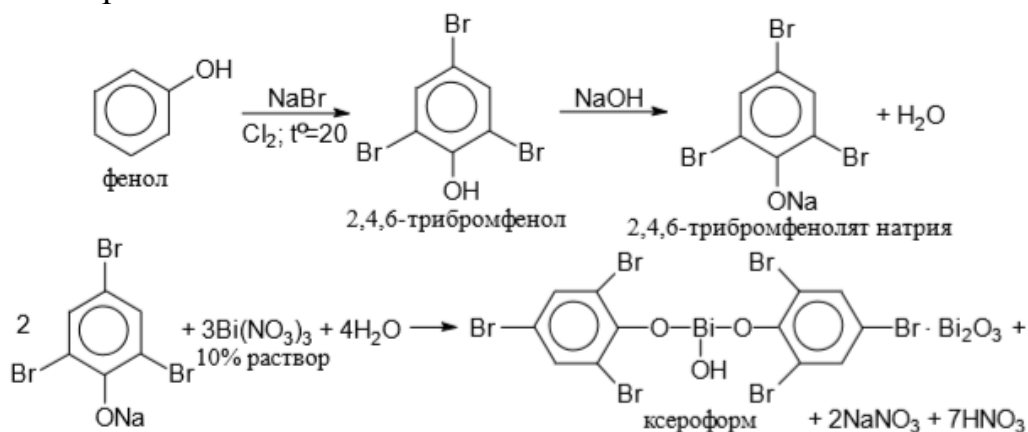
Застосування. Головним чином зовнішньо при шкірних захворюваннях у вигляді мазей 5%; 10%; 20% або 2,5% водно-спиртових розчинів.

4. КСЕРОФОРМ (XEROFORMIUM)



Трибромфенол вісмуту основний з вісмуту оксидом

Отримання.



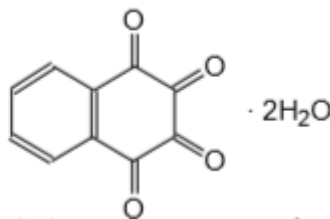
Опис. Дрібний жовтий порошок зі слабким своєрідним запахом.

Розчинність. Не розчинний у воді, спирті, ефірі.

Зберігання. У тарі, що оберігає від дії вологи і світла.

Застосування. В'яжучий, антисептичний засіб. Входить до складу мазі Вишневського, пасти Розенталя [25].

5. ОКСОЛІН (OXOLINUM)



1,2,3,4-Тетраоксо-1,2,3,4-тетрагідронафталіна дигідрат

Властивості. Білий або білий з кремовим відтінком кристалічний порошок. Легко розчинний у воді. Водні розчини нестійкі, в лужному середовищі швидко темніють.

Застосування. При вірусних захворюваннях очей, шкіри, при вірусних ринітах, надає профілактичну дію при грипі [24].

3.3 Вивчення сорбційних характеристик сорбенту «стулки квасолі» в статичному і динамічному режимах і вплив іонів заліза на динамічну ємність сорбенту по відношенню до фенолу

З популярних сорбентів найбільш ефективними є активоване вугілля. Вони добре сорбують феноли, більшість нафтопродуктів, хлор і фторорганічні пестициди [27]. В даний період одним з актуальних завдань є проблема вибору ефективного сорбенту, що володіє високими сорбційними властивостями до тих чи інших токсичних реагентів. Крім того, сучасні сорбенти повинні піддаватися регенерації, мати високу механічну міцність і утилізуватися без порушення екологічних норм.

Об'єкт досліджень в роботі обрано – сорбент на основі стулок квасолі, модельні розчини, які містять в одному випадку тільки фенол, в іншому фенол та іони заліза (II). Для того, щоб приготувати модельні розчини використовували такі реактиви: фенол, залізо сірчанокисле, дистильовану воду. Концентрацію фенолу і заліза визначали методом фотоколориметрії.

В режимі статичному за відомою методикою проводили адсорбцію фенолу. Ємності, з однаковою кількістю сорбенту (1г), заповнювали розчином з вмістом фенолу в інтервалі від 5 до 35 мг об'ємом 50 мл і витримували при перемішуванні протягом 24 годин. Зазначений час відповідає часу досягнення рівноважної концентрації фенолу в розчині [28].

Під час реєстрації динамічних кривих завантажували фіксовану наважку сорбенту на стулках квасолі в колону діаметром 1,8 см з різними висотами шару сорбенту – 0,82; 1,65; 3,30 см і пропускали через неї модельний розчин фенолу з вихідною концентрацією 10 мг/л, з більшою ГДК. Швидкість протікання вихідного розчину варіювалася і становила 0,16; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 3,00 л/год, що відповідає в обраній геометрії експерименту лінійним швидкостям 0,015; 0,048; 0,096; 0,144; 0,192; 0,240 і 0,288 см/с.

Для визначення динамічної ємності сорбенту 35 л модельного розчину з концентрацією фенолу 10 мг/л пропускали через колонку з наважкою сорбенту 10 г зі швидкістю 0,048 см/с.

Для встановлення впливу іонів заліза на динамічну ємність сорбенту по відношенню до фенолу експеримент проводили на модельному розчині, що містить також 10 мг/л фенолу і заліза (II) в концентрації від 0,3 до 2,0 мг/л.

Результати експерименту по визначенню сорбції фенолу на в статичному режимі представлені на рисунку 3.2.

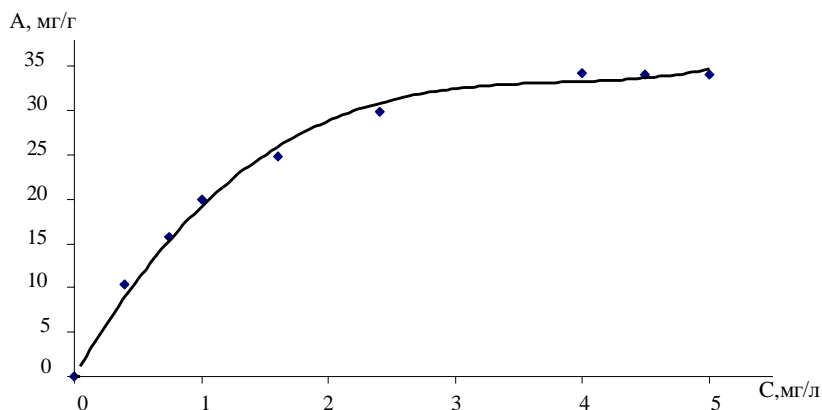


Рисунок 3.2 – Ізотерма сорбції фенолу на сорбенті «стулки квасолі»

Отримана ізотерма сорбції була оброблена в координатах рівняння Ленгмюра, яке зазвичай використовується для визначення константи рівноваги при вивченні механізму процесу сорбції[29].

$$A = \frac{A_{\infty} K C}{1 + K C}, \quad (15)$$

де A – сорбована кількість фенолу (мг/г), A_{∞} – гранична концентрація поглиненого фенолу в адсорбенті (мг/г), C – рівноважна концентрація фенолу (мг/л), K – константа адсорбційної рівноваги.

Як показано на рис. 3.3, у вивченому інтервалі концентрацій фенолу ізотерма сорбції добре описується даним рівнянням з коефіцієнтом кореляції $R^2 = 0,9969$. На основі ізотерми сорбції, шляхом графічного рішення рівняння Ленгмюра (рис. 3.3), були визначені максимальна сорбційна ємність, яка склала 35,0 мг/г, і константа процесу сорбції, яка склала 1,16 л/мг відповідно.

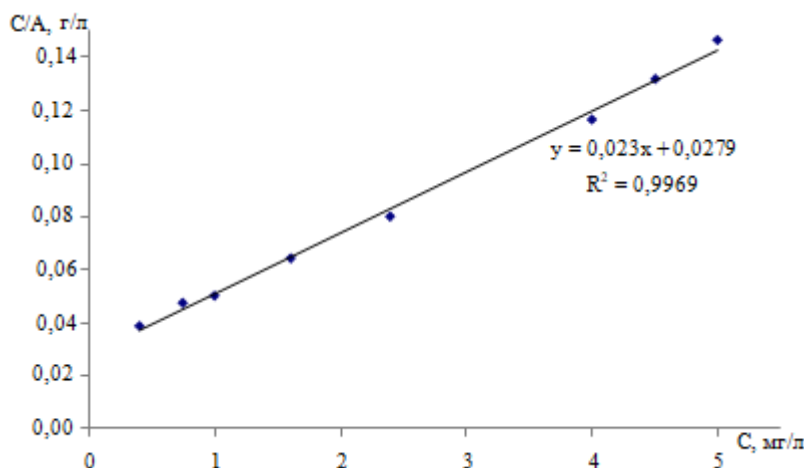


Рисунок 3.3 – Лінійна форма ізотерми адсорбції

Результати експерименту по визначенню сорбції фенолу в динамічному режимі наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Концентрація фенолу в фільтраті при різних швидкостях V пропускання модельного розчину з концентрацією фенолу 10 мг/л і різній висоті шару сорбенту.

$L = 0,85$ см		$L = 1,65$ см		$L = 3,5$ см	
V , см/с	[фенол], мг/л	V , см/с	[фенол], мг/л	V , см/с	[фенол], мг/л
0,014	–	0,038	–	0,036	–
0,039	0,10	0,086	0,10	0,124	–
0,098	0,25	0,144	0,15	0,190	–
0,124	0,50	0,182	0,50	0,239	0,10
0,238	1,10	0,267	1,00	0,268	0,15

Проаналізувавши дані, ми можемо сказати, що поява допустимої концентрації фенолу залежить як від висоти шару сорбенту, так і від швидкості протікання розчину. Використовуючи експериментальні дані таблиці 3.2 та методику розрахунку, наведену в роботі [30], по сорбційній очистці води від розчинних органічних компонентів на вугіллі, був побудований графік залежності довжини сорбційного шару сорбенту «стулки квасолі» від швидкості протікання розчину при появі допустимої концентрації фенолу (рис. 3.4). Як видно з рисунка, залежність $L = f(v)$ лінійна. Тангенс кута нахилу отриманої прямої характеризує кінетичний коефіцієнт зовнішньої дифузії відповідно до рівняння [30]:

$$\beta = \chi \cdot \frac{v}{L}, \quad (16)$$

де β – кінетичний коефіцієнт зовнішньої дифузії (с^{-1}),

χ – безрозмірна величина, що характеризує характер процесу дифузії,

L – висота шару сорбенту (см),

v – лінійна швидкість протікання розчину (см/с).

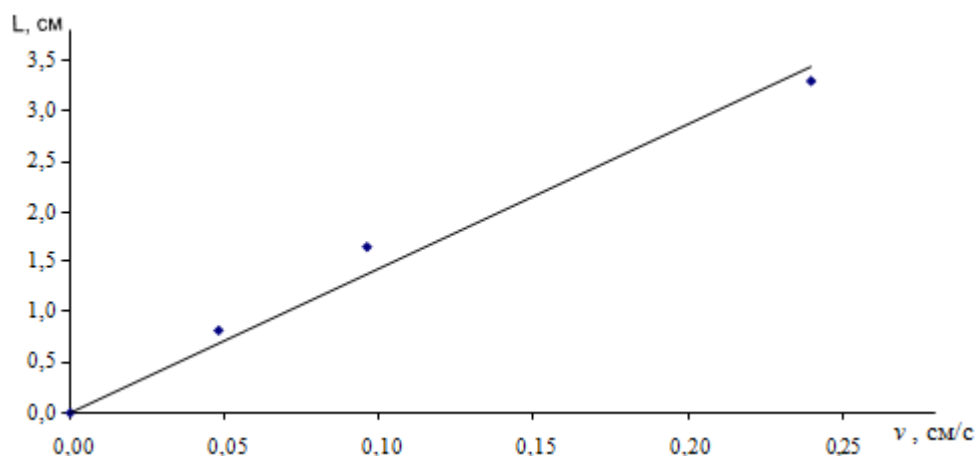


Рисунок 3.4 – Залежність довжини сорбційного шару сорбенту «стулки квасолі» від швидкості протікання розчину при появі допустимої концентрації фенолу

Величина χ/β , рівна тангенсу кута нахилу прямої (рис. 3.4), визначає мінімальний час контакту розчину, що містить фенол, з сорбентом, необхідний для протікання повної сорбції фенолу, і він дорівнює $\tan \alpha = t_{min} = 15$ с.

Результати визначення динамічної ємності сорбенту «стулки квасолі» на модельному розчині фенолу представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Концентрація фенолу в фільтраті

Об'єм модельного розчину, який пройшов через сорбент, л	1...32	33	34	35
Концентрація фенолу в фільтраті, мг/л	—	0,2	0,16	0,5

Як видно з таблиці, взяті для дослідження 10 г сорбенту поглинають весь фенол, що знаходиться в 32 л розчину. Динамічна ємність сорбенту «стулки квасолі», за даними таблиці, склала 30 мг/г. Так як в природних водах часто містяться сполуки заліза [31], було досліджено вплив іонів заліза на динамічну ємність сорбенту по відношенню до фенолу. Експериментальні результати представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4– Вплив іонів заліза на динамічну ємність сорбенту фенолу

Концентрація іонів заліза (II) в модельному розчині, мг/л	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0
Концентрація фенолу в фільтраті, мг/л	–	–	–	–	0,015	0,1	0,5	1,0

Результати таблиці показали, що наявність іонів двовалентного заліза на рівні ГДК і до 0,9 мг/л не впливає на сорбційну ємність сорбенту. При концентрації більше 1,2 мг/л відразу з'являється допустима концентрація фенолу. Таким чином, в присутності іонів заліза, починаючи з концентрації 1,2 мг/л, сорбційна ємність сорбенту по фенолу дорівнює нулю. Отже, використання даного сорбенту для очищення води від фенолу можливо тільки після очищення води від іонів заліза.

3.4 Дослідження впливу фенолів на біоту

У природі феноли містяться в кам'яному вугіллі, сланцях, деревині і т. д. Вони виявлені практично у всіх органах і тканинах рослин, винятком є сім'ядолі спочиваючого насіння деяких рослин (квасолі, гороху, чаю, бавовнику та ін.). Фенольні сполуки беруть участь в процесах фотосинтезу і дихання рослин, регулюють окисне фосфорилювання, впливають на гормональний обмін, ауксинову систему рослин, беруть участь в репродуктивних процесах, можуть використовуватися рослинами як енергетичний ресурс. Полімерні фенольні сполуки в природі зустрічаються у вигляді дубильних речовин, лігніну і меланінів[32].

Важливою властивістю фенольних сполук є їх здатність до утворення водневих зв'язків і комплексів з іонами. Велика кількість природних полімерів ароматичної природи пояснюється здатністю фенолів до окислення. Так, наприклад, пірогалол, катехіни, лейкоантоціани окислюються в аеробних умовах при дії прямого сонячного світла. Характерна особливість фенолів – здатність до оборотного окислення, або відновного і антиоксидантній дії на

інші сполуки.

Збагачення природних вод фенолами відбувається при вмісті у воді торфу. ГДК фенолу в повітрі робочої зони – $0,3 \text{ мг/м}^3$, в атмосферному повітрі населених пунктів максимальна разова і середньодобова ГДК складають $0,01 \text{ мг/м}^3$, а для води всіх водоймищ ГДК = $0,001 \text{ мг/л}$.

Досить детально вивчено вплив фенолів на водні екосистеми. У водоймах під дією різних фізико-хімічних процесів і життєдіяльності водних організмів здійснюються деструкція і трансформація фенолів, причому метаболіти, що утворюються можуть бути більш токсичні, ніж вихідна сполука. Летальні концентрації, що викликають через 15 хв після впливу зупинку руху протоплазми у харових водоростей, складають для пірокатехіну – $2 \cdot 10^{-3} \text{ М}$, гідрохінону – $2 \cdot 10^{-2} \text{ М}$, резорцину – $5 \cdot 10^{-2} \text{ М}$. Індикатором токсичного впливу фенолів є зміна інтенсивності газообміну гідробіонтів. При цьому може оцінюватися і частота дихання організмів, і зміна концентрації розчиненого кисню. Так, при концентрації фенолу у воді $1\text{--}2 \text{ мг/л}$ відзначається пригнічення життєдіяльності дріжджів, і через $10\text{--}30$ хв спостерігається зниження концентрації розчиненого кисню. За даними У. С. Г. Морган (1977), під дією фенолу через $2\text{--}4$ години у 60% особин лосося *Micropterissalmo* відзначалося збільшення частоти дихання. Показниками токсичного впливу сполук цієї групи на дафнії *Daphniatagna* служать частота дихання, частота серцевих скорочень і активність грудних ніжок [33].

Як показники забруднення фенолами використовуються чисельність фенолруйнівних бактерій, безбарвних джгутикових, інфузорій, грибів, водоростей. До числа деструкторів фенолу відносяться бактерії роду *Pseudomonas* і *Azotobacter*. Малі дози (1 мг/л) не роблять істотного впливу на процеси нітрифікації води. Інтенсивний розвиток денітрифікаторів спостерігається у водоймах зі змістом фенолу до 500 мг/л . При високих концентраціях фенолу процес нітрифікації пригнічується. У водоймах з інтенсивним розпадом фенолів виявлено та максимальну кількість сульфатредуючих бактерій. У присутності інфузорії

Parameciumcaudatum руйнування фенолу сповільнюється внаслідок поїдання бактерій інфузоріями. Відзначається, що термофільні бацили *Bacillusstearotherophilus* можуть використовувати фенол як джерела енергії та вуглецю. Максимальний вміст фенолів, при якій можливий розвиток бактерій, – 0,3%.

При концентрації фенолу 500 мг/л інтенсивність обростання бактеріями велика, але видовий склад одноманітний; при зниженні концентрації поллютанта видове різноманіття мікрофлори збільшується, а чисельність – зменшується. Помічено, що в невеликих кількостях фенол стимулює фотосинтез одноклітинної зеленої водорості хлорели *Chlorellasp.* Одночасно зі збільшенням виділення кисню клітинами хлорели спостерігається зниження вмісту фенолу в середовищі.

Живі організми розрізняються по чутливості до фенолу. На цій основі Б. І. Колупаєв, В. А. Путинцева і А. М. Бейм (1981) умовно поділяють гідробіоти на три групи. До високочутливим видів відноситься, наприклад, рак бокоплав *Acanthogammarus victoria*, у якого підвищення споживання кисню починається при 1,0 мг/л фенолу. До середньо чутливих видів належать рачки *Eulimnogammarus verricosus* і *Gammaruslacustris*. У низькочутливих до фенолу гольяна *Phoxinusphoxinus* достовірне збільшення споживання кисню виявлено тільки в розчинах з концентрацією понад 2,0 мг/л [34].

Високий вміст фенолів у воді індукується у водних комах і павукоподібних комплексом загальних симптомів, таких як: підвищення загальної рухової активності; порушення координації рухів; судоми; параліч органів і ділянок тіла, що виконують локомоторну функцію; повна втрата рухової активності; загибель.

Для індикації фенольних забруднень успішно використовуються риби. Гостра інтоксикація фенолу супроводжується в першу чергу поразкою у них зябер, шкіри, нирок і серця. При концентрації фенолу у воді 20 мг/л окуні гинуть через 4 години, плотва і коропи – через 1–5 днів. Концентрація 10 мг/л протягом 1–3 днів токсична для молодих коропів, плотви, окунів, форелі.

Максимально переносима концентрація фенолу для риб – 17 мг/л, абсолютно смертельна доза – 24 мг/л. У дослідях на ікрі і личинках ляща і синця встановлено, що фенол порушує нормальний хід ембріогенезу, приводячи до появи різних видів каліцтв – зігнутості тіла, порушення в будові серцево-судинної системи та ін. [33].

Феноли надають рибі характерний присмак і запах. Наприклад, вміст 0,1 мг/л фенолу в організмі стерляді на шосту добу призводить до зміни її органолептичних якостей. Загальні симптоми отруєння риб фенолом проявляються в різкій рухової збудливості з короткочасним завалювання на бік, втрати рівноваги, бічному положенні, конвульсивних судомах, що завершуються повною втратою рухової активності, розладі дихання і смерті.

Показником забруднення ґрунтів фенолами служить зміна мікробіологічної активності. Одноразове внесення в ґрунт 50 – 100 мг фенолу виявляє гальмуючу дію на процеси нітрифікації. В експерименті встановлено, що через два місяці після забруднення кількість нітратів в ґрунті зменшився в 3,5–6 разів, а фенол зруйнувався. Внесення в ґрунт фенолів в концентрації 10–100 мг на 100 г сухого ґрунту в перші 10 днів сприяло збільшенню загальної кількості бактерій в 4–7 разів. У міру розкладання фенолу кількість їх знижувалося, досягнувши рівня в контрольній пробі. Встановлено, що вміст фенолу в 500–1000 мг/кг сухого ґрунту послаблює антагоністичну дію ґрунтових бактерій на стафілокок і кишкову паличку [35].

У рослини фенол може надходити як при кореновому, так і при фоліарному поглинанні. Найбільшою акумулюючою здатністю володіють шовковиця біла *Morusalba*, бирючина звичайна *Ligustrumvulgare*, бузок звичайний *Syringavulgaris*. Обробка парами фенолу з концентрацією 5–50 мг/м³ листяних деревних порід викликає підвищення вмісту фенольних сполук в рослинах поряд зі зниженням кількості пігментів і вуглеводів в листках. Вплив фенолів па рослини проявляється головним чином в придушенні фотосинтезу, зниженні біопродуктивності, зменшенні розмірів окремих органів і організму в цілому. Однак той самий фенол в низьких концентраціях може стимулювати, а

в високих – пригнічувати ріст і розвиток рослин. Фенол здатний збільшувати частоту мутацій. Окислення фенолів підсилює їх мутагенну активність, особливо під впливом іонізуючої радіації.

В організм тварин і людини фенол потрапляє при вдиханні, через шкіру і з їжею. Індикаторними ознаками отруєння фенолами вважаються порушення дихальної функції, місцеву подразнюючу дію і ураження центральної нервової системи. У великих дозах фенол знижує артеріальний тиск, різко збуджує, а потім гальмує і паралізує дихання. Разом з тим при низьких концентраціях ряд фенолів може стимулювати дихання [33].

Для здорових тварин порогова і недіюча концентрації фенолу становлять відповідно 0,05 і 0,01 мг/м³. При хронічному інгаляційному впливі фенолу в концентраціях 5,0 і 0,5 мг/м³ протягом 4 місяців у самок щурів були виявлені зміни статевого циклу: в потомстві число особин жіночої статі було в 1,5–2 рази більше, ніж в контролі; спостерігалось зниження життєздатності потомства.

Мутагенна активність фенолу підтверджується спостереженнями за плодовою мушкою *Drosophyla melanogaster*. Безперервний (протягом 20 днів) вплив фенолу в концентрації в повітрі 0,01 мг/м³ призвело до збільшення в 2–3 рази виходу летальних і напівлетальних мутацій в порівнянні з контролем.

Гостре отруєння фенолом людини спостерігається головним чином при попаданні полютанта на шкіру. Поразка 25– 50% поверхні тіла людини смертельна. У малих дозах фенол викликає появу шкірних екзем. При попаданні отрути всередину організму виникають нудота, блювота, болі в животі, в порожнині рота, глотці, з'являються задишка, спрага, падіння артеріального тиску, судоми. Можуть розвинутиися кома і набряк легенів. Смертельною для людини дозою цього з'єднання є 1– 10г. При хронічному отруєнні фенолом у людини розвиваються порушення в центральній нервовій системі, потім в серцево-судинної, уражається шлунково-кишковий тракт, змінюється вітамінний обмін. При тривалому вдиханні полютантів відзначаються ураження верхніх дихальних шляхів, зміни складу крові [35].

Висновки до розділу 3:

1. Проаналізовано процес виготовлення ліків на ПрАТ «Технолог» та визначено параметри стічних вод, що утворюються при виробництві лікарських препаратів. Досліджено, що сформовані стоки відповідають необхідним нормам ГДК, однак є перевищення за двома параметрами: концентрацією іонів заліза і концентрацією фенолів.
2. Проведено аналіз лікарських засобів, похідних фенолів, що виробляються на ПрАТ «Технолог».
3. Досліджена сорбційна характеристика сорбенту «стулкиквасолі» в статичному і динамічному режимах і вплив іонів заліза на динамічну ємність сорбенту по відношенню до фенолу.
4. Розрахована максимальна сорбційна ємність сорбенту «стулки квасолі» по фенолу в статичних умовах, становить 35,0 мг/г. Визначена динамічна ємність по фенолу, яка дорівнює 30 мг/г. Показано, що при проектуванні фільтрів очищення води від фенолу необхідно враховувати час контакту вихідного розчину з сорбентом «стулки квасолі», яке становить не менше 15 с.

4 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

В період розвитку промислового виробництва стає все більш актуальною проблема очищення поверхневих і стічних вод. Одним з високотоксичних забруднювачів, що потрапляють у водойми і водотоки зі стічними водами хімічних, фармацевтичних і нафтохімічних підприємств, є фенол. Скидання фенолвмісних вод у водойми і водотоки різко погіршує їх загальний санітарний стан, роблячи негативний вплив на живі організми, не тільки своєю високою токсичністю, а й значною зміною режиму споживання біогенних елементів і розчинених газів [36].

Найбільш ефективним методом очищення стічних вод від фенолу, є адсорбція останнього за допомогою активованого вугілля, але недоліком є висока вартість і необхідність регенерації.

Основною ідеєю стартап проекту є використання стулок квасолі як новий сорбуючий матеріал для очищення стічних вод від фенолів.

Можливість застосування такого сорбенту буде у всіх підприємств, які використовують метод сорбційного очищення для стічних вод підприємства.

Реалізація такого проекту розглядатиметься на прикладі фармацевтичного підприємства по виготовленню лікарських засобів ПрАТ «Технолог». Опис ідеї наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Впровадження використання нового сорбційного матеріалу – стулок квасолі для очищення стічних вод, що містять феноли	1. Використання при виготовленні фільтрів для очищення води . 2. Використання в якості сорбуючого матеріалу при очищенні стічних вод фармацевтичних, нафтопереробних, коксохімічних та інших підприємств. 3. Використання в побуті як сорбуючий матеріал.	1. Доступність. 2. Простота у виготовленні. 3. Дешевизна. 4. Наявність на ринку України. 5. Підвищення ступеня очищення води.

4.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Визначимо перелік слабких (W), сильних (S) та нейтральних характеристик (N) та властивостей ідеї проекту для формування його конкурентоспроможності (табл. 4.2) [37].

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент1 – Активоване вугілля	Конкурент2 – Тирса	Конкурент3 – Шлаки			
1.	Сорбційна ємність	5	5	3	4			+
2.	Екологічність	5	5	5	3		+	
3.	Ціна	5	2	4	3		+	
4.	Доступність	4	5	5	4	+		
5.	Простота у використанні	5	4	4	3	+		

4.3 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведемо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових (табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Сорбційний матеріал – стулки квасолі	Використання сорбційного матеріалу в нативному вигляді	Так	Так
2.	Сорбційний матеріал – стулки квасолі	Використання сорбційного матеріалу який пройшов кислотно-лужну обробку	Так, необхідне доопрацювання	Ні

Виходячи з проаналізованих даних було обрано використання сорбційного матеріалу в нативному вигляді так, як це не потребує додаткових затрат та доступна технологія.

4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів [38].

Визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл.4.4).

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Швидке реагування на розвиток ринку	Підприємства з великим обсягом виробництва	Економічний план	Забезпечення потреб виробництва
2.	Необхідність екологізації та сертифікації	Підприємства, які прагнуть досягнути європейських стандартів	ISO 9001, ДСТУ	Отримання екологічно чистої продукції

Проводимо аналіз ринкового середовища (табл.4.5,4.6):

Таблиця 4.5 – Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Відкриття нових сорбентів	Поява на ринку нових, більш ефективних сорбційних матеріалів	Використання нових технологій очищення стічної води
2.	Спад потужності виробництва	Зменшення попиту на сорбент	Зменшення розмірів закупівель сировини, пошук нових рішень
3.	Зростання інфляції	Зменшення рівня платіжоспроможності підприємства	Планування, пошук нових методів

Таблиця 4.6 – Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливостей	Можлива реакція компанії
1.	Постачальники сировини	Можливий вибір постачальників	Контроль якості сорбенту, підбір нових постачальників
2.	Стимулювання екологізації підприємства	Запровадження європейських стандартів якості	Запровадження використання екологічних матеріалів

Визначаємо загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.7):

Таблиця 4.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції :	Монополістична конкуренція	Конкуренти пропонують схожу продукцію
2. За рівнем конкурентної боротьби :	Локальний	Конкуренція між учасниками ринку
3. За галузевою ознакою:	Внутрішньогалузева	Боротьба між різними виробниками сировини
4. Конкуренція за видами товарів:	Товарно-родова	Пошук нових шляхів задоволення потреби
5. За характером конкурентних переваг:	Цінова	Використання цін к засобу привертання уваги до сировини
6. За інтенсивністю:	Не марочна	Розповсюдження стартапу для створення окремої бізнес ланки

Проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера (табл. 4.8):

Таблиця 4.8 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу:	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Підприємства, які виготовляють обладнання для очищення стічних вод	Підприємства по виготовленню фільтрів	Постачальники сировини для виготовлення сорбенту	Підприємства, у скидах яких містяться феноли	Інші сорбенти природного походження
Висновки:	Незважаючи на велику конкуренцію на ринку, наш сорбент приваблює ціною та сорбційною ємністю	Можливий запуск на українському ринку так, як матеріал для виготовлення сорбенту є відходом	Постачальники лише надають матеріал для виготовлення сорбенту	Клієнти бажають отримати якісний матеріал за низькою ціною	Товари-замінники не впливають на попит

З проведеного аналізу видно, що проект повинен повністю забезпечувати вимоги споживачів в ціні, якості та ефективності для уникнення конкуренції. На основі цього, визначимо перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 4.9):

Таблиця 4.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Асортимент	В умовах розвитку ринку, з'являється все більший вибір товарів та кожен виробник намагається задовольнити споживачів.
2.	Відкриття нових сорбентів	За рахунок нових варіантів очищення стічних вод та нового обладнання потрібен вибір відповідних матеріалів.
3.	Постачальники сировини	Є доступ до вибору постачальників та якості сировини.
4.	Ціна	Чим вигідніша ціна для споживача, тим більша ймовірність його придбання.
5.	Наявність на ринку України	Матеріал для виготовлення нашого сорбенту легко доступний на ринку України.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.10):

Таблиця 4.10 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін сорбенту на основі ступеня кваліфікації

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1–20	Рейтинг товарів конкурентів у порівнянні з сорбентом на основі ступеня кваліфікації						
			–3	–2	–1	0	+1	+2	+3
1.	Асортимент	8							
2.	Відкриття нових сорбентів	10							
3.	Постачальники сировини	15							
4.	Ціна	20							
5.	Наявність на ринку України	18							

Останнім етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (табл. 4.11):

Таблиця 4.11 – SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> – екологічність; – ціна; – наявність на ринку України; – простота у виготовленні. 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> – наявність схожих товарів на ринку; – пошук якісної сировини; – асортимент товару у конкурентів.
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> – залежність вартості від пори року; – нова сировина як матеріал для експериментів; – подальші розробки та дослідження матеріалу. 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> – велика кількість конкурентів; – недостатня кількість інвесторів; – невелика кількість споживачів на початковому етапі.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (табл. 4.12):

Таблиця 4.12 – Альтернативи ринкового впровадження проекту

№	Альтернатива	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Компенсувати сильними сторонами загрози стартап-проекту	Висока	1– 1,5 роки
2.	Підвищити важливість сильних сторін за допомогою ринкових можливостей	Висока	4– 6 місяців
3.	Зрівноважування слабких сторін з допомогою існуючих ринкових можливостей	Середня	1 рік

4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.13):

Таблиця 4.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Потенційними клієнтами є всі підприємства, в стічних водах яких містяться феноли	Щоб вивести товар на ринок, потрібно провести аналіз потенційних споживачів на ринку	Орієнтований попит високий так, як інші сорбційні матеріали мають високу ціну і потребують регенерації	Потрібно визначити основну перевагу свого товару, щоб мати першість серед конкурентів	Сорбент на основі стручків квасолі – новий інноваційний продукт. Найлегше буде запропонувати підприємствам, що тільки розвиваються
Які цільові групи обрано: фармацевтичні підприємства, хімічні та нафтохімічні підприємства, що містять в стічних водах фенол.				

Для роботи в обраних сегментах ринку формуємо базову стратегію розвитку (табл. 4.14):

Таблиця 4.14 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Стратегія спеціалізації	Головне – це задовольнити потреби вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти	<ul style="list-style-type: none"> – Низька ціна на сорбційний матеріал. – Екологізація виробництва. – Економія фінансових ресурсів. 	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.15):

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристик и товару у конкурента, які?	Стратегія конкурентної поведінки
Ні	Так	Не буде	Стратегія наслідування лідеру. Обираємо адаптивну лінію поведінки на ринку, усвідомлюємо своє місце на ній і йдемо у фарватері фірм-лідерів

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (табл. 4.4), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.14) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.15) розробляється стратегія позиціонування (табл. 4.16). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект [39].

Таблиця 4.16 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
Конкурентоспроможність, гнучка цінова політика, незалежність підприємства, стабільність на ринку продукції	Стратегія спеціалізації	<ol style="list-style-type: none"> 1. Простота у виготовленні та використанні. 2. Низька ціна на сировину. 3. Сировина є відходами виробництва. 4. Дешева ціна. 5. Якісний матеріал. 	Дешево Ефективно Легко Доступно

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 4.17 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару [40].

Таблиця 4.17 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Поширення інформації про продукт	Економія коштів підприємства, яке використовує в системі очищення стічних вод сорбційні матеріали	<ol style="list-style-type: none"> 1. Інновація 2. Низька ціна 3. Доступність 4. Наявність на ринках України 5. Висока сорбційна ємність

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточняється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.18).

Таблиця 4.18 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та його складові	
I. Товар за задумом	Товар призначений для виготовлення сорбційних фільтрів, які використовують при очищенні стічних вод від фенолів.	
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм
	1. Має велику сорбційну ємність.	
	2. Екологічний сорбент, відходи від обробки рослин.	
	3. Легкий у приготуванні та використанні.	
	Фільтр має тестовий варіант	
	Пакування – картонні коробки	
Фільтр для вилучення фенолів		
III.Товар із підкріпленням	Після продажу -Фільтр для вилучення фенолів	
	До продажу -Фільтр для вилучення фенолів	
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патентування.		

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно

керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.19). Аналіз проводиться експертним методом [39].

Таблиця 4.19 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
120 – 200 тис. грн/т	150 – 200 тис. грн/т	Високий	10 – 25 тис. грн/т

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 4.20):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 4.20 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Реклама в просторі Інтернет та поширення інформації в соціальних мережах	Якісний товар, просування товару, доставка	1 етап – нульовий «виробник-споживачі» 2 етап – однорівневий «виробник-роздрібний продавець-споживач»	Через популярні інтернет магазини

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо об-

рану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл.4.21).

Таблиця 4.21 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Товар повинен задовольнити потреби споживача	Інтернет простір, соціальні мережі	Дешево Ефективно Легко Доступно	Донести інформацію про товар в повній мірі, для досягнення економічного ефекту	Даний сорбент є екологічним та дешевим у порівнянні з іншими та має не меншу сорбційну ємність

Висновки до розділу 4:

1. Стартап-проект розроблявся для вирішення проблеми забруднення стічних вод фенолами, де сировиною є адсорбент на основі стручків квасолі.
2. Було встановлено, що на цей товар існує попит, крім того динаміка ринку зростає, рентабельність становить сімдесят відсотків.
3. При розробці ринкової стратегії, було визначено, що потенційними користувачами проекту є підприємства, що скидають воду із вмістом фенолів.
4. З визначеної цільової групи споживачів, базовою стратегією розвитку була обрана стратегія спеціалізації.
5. Обрана стратегія конкурентної поведінки – стратегія наслідування лідеру.
6. Отже, стартап має конкурентні переваги, крім того існує попит з боку ринку, отже можливо стверджувати цей продукт важливий, життєздатний та існує можливість успішної комерційної реалізації.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано основні забруднювачі гідросфери від фармацевтичних підприємств та досліджено вплив фенолів на організм людини та навколишнє середовище.
2. Проведено експериментальне дослідження сорбенту «стулки квасолі» в статичному і динамічному режимах, що дало можливість встановити ефективність використання його в якості сорбенту для очищення фенольних стічних вод.
3. Шляхом математичного моделювання процесу сорбції було виведено залежність концентрації сорбенту від сорбційної ємності та визначено максимальну сорбційну ємність: в статичних умовах – 35 мг/г, в динамічних умовах – 30 мг/г.
4. Розроблено стартап-проект для вирішення проблеми забруднення стічних вод фенолами, де сировиною є адсорбент на основі стулок квасолі. Встановлено, що на цей товар існує попит, крім того динаміка ринку зростає, рентабельність становить 70% відсотків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Львов:Химия,1985.– 528 с.
2. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Москва: Гидрометеиздат, 1984.– 560 с.
3. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье населения. – Таганрог: Экология, 2004.– 168 с.
4. Вишневецкий В.Ю. Анализ воздействия загрязняющих веществ на поверхностные водные объекты. – Таганрог: Известия ЮФУ, 2007.– 12 с.
5. Цаликов Р. Х. Оценка природной, техногенной и экологической безопасности.– Москва: МНГТУ, 2009. – 464 с.
6. Егорова Г. И. Отходы нефтехимических производств. –Тюмень: ТюмГНГУ,2014. –136 с.
7. Ефимов В. И. Производство и окружающая среда .– Москва: МГГУ, 2012. – 336 с.
8. Часова Э. В. Эколого-химическая характеристика и методы защиты окружающей среды от фенола.– Кривой Рог:Вестник КНУ,2013. –21с.
9. Тенетилова Л. А. Вредные факторы среды обитания в современных условиях.– Орловск: Вестник университета, 2016.– 110 с.
10. Коростелёва А. В. Способы очистки сточных вод от фенолов.– Москва: Химия, 2013. –169 с.
11. Янгулова Г. А. Современные методы очистки фенолсодержащих сточных вод. – Донецк: Химическая технология, 2011. –56 с.
12. Лаптев А. Г., Бородай Е. Н. Математическая модель процесса адсорбции при очисткесточных вод.– Москва: Химия, 2013.–12 с.
13. Бородай Е.Н. Математическое моделирование адсорбционного процесса очистки сточных вод от нефтепродуктов.–Казань: КГТУ, 2010. –188 с.

14. Чебакова И. Б. Очистка сточных вод: учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. – 84 с.
15. Лаптев А.Г., Сергеева Е.С. Физическое и математическое моделирование сорбционных свойств торфа для очистки воды от нефтепродуктов.– Казань: Химия и экология, 2009. – 14 с.
16. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств: Учебное пособие для вузов. – Москва: Высшая школа, 1991.– 400с.
17. Матвейкин В.Г. Математическое моделирование и управление процессом короткоцикловой безнагревной адсорбции – Москва: Издательство Машиностроение-1, 2007. – 140с.
18. Когановский А.М., Клименко Н.А. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – Москва: Химия, 1983. – 288с.
19. Галимова З. Р. , Костина Е. Ю. Исследование процессов сорбции фенола нативными и модифицированными отходами валяльно-войлочного производства.– Казань: Вестник КНТУ, 2017.– 10 с.
20. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды.–Ленинград: Химия, 1982.– 168 с.
21. Кинле Х. Р., Бадер Э. О. Активные угли и их промышленное применение.– Ленинград: Химия, 1984. – 216 с.
22. Когановский А. И., Клименко Н. А., Левченко Т. М. Адсорбция органических веществ из воды.– Ленинград: Химия и экология, 1990.– 256 с.
23. Ренський С. М. Деяльність ПрАТ "Технолог". URL: <http://www.lekhim.ua/tehnolog> (дата звернення: 10.10.2018).
24. Туркевич М. С. Фармацевтична хімія.– Київ: Вища школа, 1973.– 495 с.
25. Максютин М. П. Анализ фармацевтических препаратов и лекарственных форм. – Киев: Здоров'я, 1976. – 248 с.
26. Погодина Л. И. Анализ многокомпонентных лекарственных форм. – Минск: Высшая школа, 1985. – 240 с.

27. Сусь М.А., Светлейшая Е.М., Гуньковская Н.В. Активированные угли в водоподготовке, 2011. –21 с.
28. Колосова Г.М. Расчет процесса сорбционной очистки воды от растворимых органических компонентов на углях. – Москва: Журнал прикладной химии, 1982. – 15 с.
29. Митькина В.А., Юрмазова Т.А., Галанов А.И. Адсорбция органических ионов на железоуглеродном сорбенте.– Москва: Современные проблемы науки и образования, 2012.– 8 с.
30. Савельев Г.Г., Юрмазова Т.А., Галанов А.И. Адсорбционная способность наноразмерного волокнистого оксида алюминия.– Тюмень: Известия ТПУ, 2004. –102 с.
31. Шиян Л.Н., Тропина Е.А., Мачехина К.И. Устойчивость коллоидов железа в природных водах.– Москва: Журнал прикладной химии, 2012. – 85 с.
32. Яворовский Н.А., Савельев Г.Г., Галанов А.И., Шиян Л.Н., Юрмазова Т.А. Получение нановолоконоксогидроксидов алюминия из порошков металлического алюминия.– Донецк: Перспективные материалы, 2008. –80 с.
33. Долматова Л.А., Радченко Г.И., Самодуров В.И., Черепкова Н.М. Содержание летучих фенолов в поверхностных и подземных водах рекреационной зоны. – Москва: Ползуновский вестник, 2006. –88 с.
34. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. – Москва: Химия, 1973. – 376 с.
35. Митькина В.А., Юрмазова Т.А., Галанов А.И. Извлечение ионов AS^{5+} , CR^{6+} , Ni^{2+} из водных растворов железоуглеродным сорбентом. – Москва: Современные проблемы науки и образования, 2012. – 34 с.
36. Розроблення стартап-проекту[Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ«КПІ», 2015. – 28 с.
37. Шайдуллина А. А. Использование термообработанных оболочек

зерен овса для очистки вод от нефтяных.–Казань: ВКТУ, 2016. – 20 с.

38. Ямансарова Э. Т. Исследование сорбционных свойств материалов на основе растительного сырья по отношению к органическим и неорганическим.– Башкир: ВБУ, 2016. – 14 с.

39. СобгайдаН. А. Сорбционные свойства фильтров, изготовленных из отходов агропромышленного комплекса.– Харьков: Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, 2011. – 119 с.

40. Розроблення стартап-проекту[Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.